



Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя



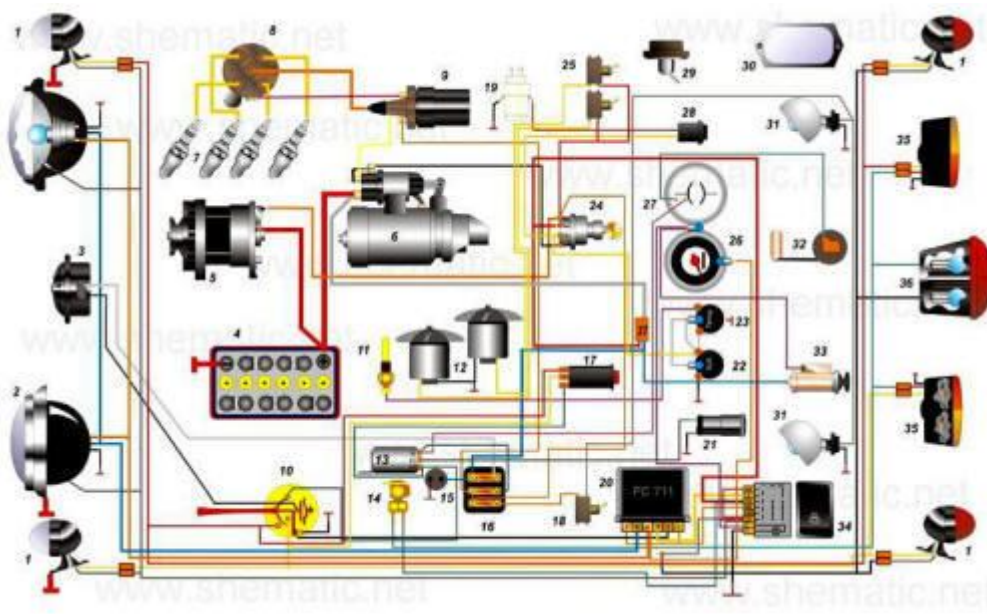
# НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

з дисципліни

«ЕЛЕКТРОННЕ ТА ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ  
АВТОМОБІЛІВ»  
(І частина)

для студентів усіх форм навчання

освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за спеціальністю  
274 «Автомобільний транспорт»



Тернопіль 2016

УДК 629.113.066 (075)

ББК 39.33-04

Електричне та електронне обладнання автомобілів: навчальний посібник (частина I) / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 145 с.

Навчальний посібник з дисципліни «Електронне та електричне обладнання автомобілів» розроблений відповідно до ОПП, ОКХ та навчального плану підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

У навчальному посібнику розглянуто будову, роботу й експлуатацію систем і окремих виробів електричного та електронного обладнання найпоширеніших моделей автомобілів, що експлуатуються в Україні. Особливу увагу приділено електронним регуляторам напруги, електричним та електронним схемам запалювання робочої суміші, електронним системам впорскування пального, принципам побудови електронних систем автоматичного керування двигунів, керування трансмісією, системою гальм. Наведено рекомендації щодо виявлення та усунення можливих несправностей електрообладнання.

Укладачі:

к.т.н., доц. Пиндус Ю.І.  
асист. Заверуха Р.Р.

Рецензенти:

к.т.н., доц. Медвідь

*Розглянуто та схвалено на методичному семінарі кафедри автомобілів (протокол № 1 від 25.08.2016 р.).*

*Рекомендовано до друку методичною радою факультету інженерії машин, споруд та технологій (протокол № 1 від 29.08.2016 р.).*

Відповідальний за випуск: к.т.н. Клендій В.М.

## ЗМІСТ

<b>Вступ.....</b>	<b>5</b>
Короткі відомості про історію та перспективи розвитку електрообладнання автомобілів.....	5
<b>Тема 1 Загальні відомості про систему електрообладнання автомобілів.....</b>	<b>8</b>
1.1 Роль електрообладнання на автомобілі.....	8
1.2 Обладнання системи електропостачання.....	9
1.3 Електротехнічні матеріали і їх застосування в автомобілях.....	10
1.4 Електричні системи автомобіля.....	10
<b>Тема 2 Акумуляторні батареї.....</b>	<b>12</b>
2.1 Призначення і будова стартерної акумуляторної батареї. Вимоги до акумуляторної батареї.....	12
2.2 Регламентована густина електроліту і його приготування. Хімічні процеси в акумуляторній батареї.....	13
2.3 Ємність і маркування акумуляторів.....	14
2.4 Параметри акумуляторної батареї.....	17
2.5 Основні несправності акумуляторних батарей. Методи заряджання акумуляторних батарей. Ремонт акумуляторних батарей.....	18
<b>Тема 3 Генератори.....</b>	<b>22</b>
3.1 Загальні відомості про генераторні пристрої. Призначення і вимоги до генераторів.....	22
3.2 Конструктивне виконання генераторів змінного струму.....	22
3.3 Генератори з додатковими випрямлячами.....	24
3.4 Принцип дії безконтактних індукторних генераторів змінного струму.....	25
<b>Тема 4 Регулятори напруги автомобільних генераторів.....</b>	<b>28</b>
4.1 Вібраційні регулятори напруги.....	28
4.2 Безконтактні регулятори напруги.....	32
4.3 Інтегральні регулятори напруги.....	35
4.4 Несправності регуляторів напруги. Обслуговування регуляторів напруги. Регулювання регуляторів напруги.....	38
<b>Тема 5 Експлуатація системи електропостачання.....</b>	<b>42</b>
5.1 Технічні характеристики акумуляторних батарей та генераторних пристроїв... ..	42
5.2 Експлуатація стартерних акумуляторних батарей.....	45
5.3 Експлуатація генераторів змінного струму. Технічне обслуговування	

генераторів змінного струму.....	51
5.4 Експлуатація і технічне обслуговування регуляторів напруги автомобільних генераторів.....	57
<b>Тема 6 Особливості електроіскрового розряду.....</b>	<b>60</b>
6.1 Загальні характеристики системи запалювання. Класична система запалювання.	60
6.2 Принцип дії класичної системи запалювання.....	67
6.3 Конструкція апаратів класичної системи запалювання.....	69
6.4 Контактна система запалювання.....	73
6.5 Електроіскрові свічки.....	79
<b>Тема 7 Транзисторні системи запалювання.....</b>	<b>84</b>
7.1 Контактно-транзисторне електроіскрове запалювання.....	84
7.2 Принцип дії магнітоелектричного датчика. Принцип дії датчика Холла.....	85
7.3 Давачі електронних системи запалювання.....	85
7.4 Безконтактно - транзисторна система запалювання.....	88
7.5 Безконтактна система запалювання з нерегульованим часом нагромадження енергії.....	89
7.6 Безконтактна система запалювання з регульованим часом нагромадження енергії	90
7.7 Система автоматичного керування економайзером примусового неробочого ходу.....	91
<b>Тема 8 Цифрові і мікропроцесорні системи запалювання.....</b>	<b>95</b>
8.1 Загальні відомості і відмінності цифрових та мікропроцесорних системи запалювання від інших.....	95
8.2 Датчики частоти обертання і положення колінчастого валу.....	96
8.2.1 Індуктивний датчик.....	96
8.2.2 Датчики Холла.....	98
8.2.3 Датчики навантаження.....	98
8.2.4 Датчики температури.....	100
8.2.5 Датчики детонації.....	101
8.2.6 Датчики положення дросильної заслінки.....	102
8.2.7 Контактні датчики.....	103
8.3 Електронна частина цифрової і мікропроцесорної системи запалювання.....	103
<b>Тема 9 Експлуатація системи запалювання.....</b>	<b>112</b>
9.1 Основні несправності системи запалювання. ....	112
9.2 Технічне обслуговування системи запалювання. ....	119
9.3 Діагностування МП системи запалювання автомобіля з допомогою інформаційної системи VAS 5051.....	120
<b>Тема 10 Призначення, будова і вимоги до системи пуску двигуна.....</b>	<b>135</b>
10.1 Призначення стартера. Будова стартера. ....	135
10.2 Система стоп – стартера.....	142



## Вступ

### Короткі відомості про історію та перспективи розвитку електрообладнання автомобілів

#### Призначення і загальна характеристика електрообладнання автомобілів

Поряд з удосконаленням відомих автомобільних бортових пристроїв і систем, сьогодні застосовують найновіші системи бортової автоматики: мікро процесорні системи запалювання, системи впорскування палива для бензинових двигунів, системи антиблокування гідравлічних гальм тощо.

Сукупність систем автомобільної автоматики називають "автотронним обладнанням". Термін "автотронне" є синонімом таких понять: "комбіноване", "комплексне". На відміну від електричного та електронного, автотронне обладнання об'єднує окремі автотронні системи, які, своєю чергою, складаються з окремих компонентів. Компонентами автотронних систем є різнорідні технічні пристрої: електричні, електронні, електронно-обчислювальні, механічні, пневматичні, гідравлічні, які здатні виконувати відповідні функції керування, контролю та регулювання. Автотронні системи керують неелектричними процесами за допомогою електронної автоматики, яка сприймає вхідні неелектричні дії від давачів та керуючі сигнали від водія і програми, закладеної в електронну пам'ять. В такій системі обов'язковим є електронний блок, який керує всіма компонентами системи.

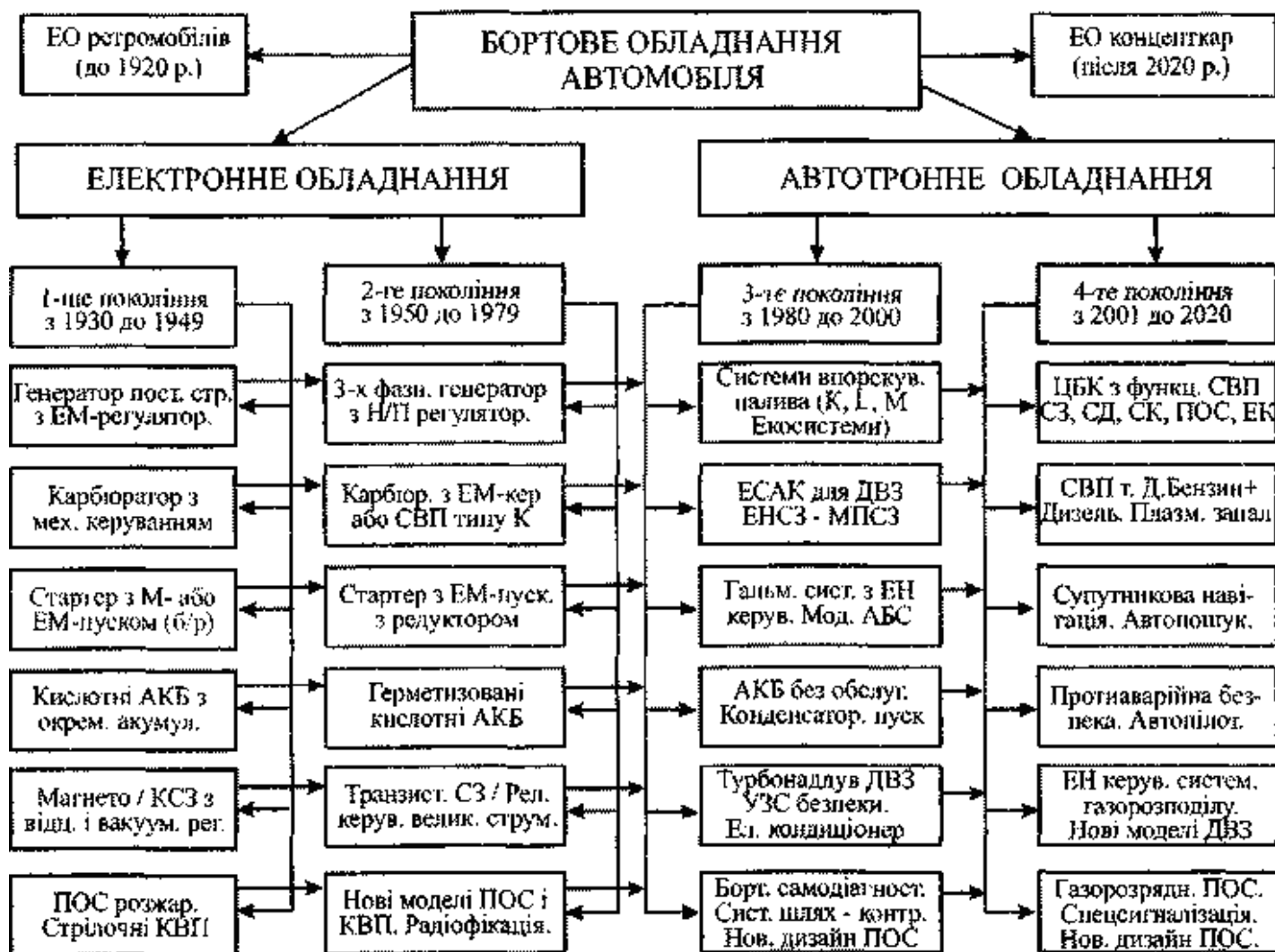
Електронний блок керування ЕБК може працювати як в аналоговому, так і в дискретному чи цифровому режимі. Для узгодження електричних сигналів і дій, які мають різні енергетичні рівні, на вході ЕБК є перетворювач неелектричних дій в електричні сигнали, а на виході, - навпаки, електричні сигнали перетворюються в неелектричні дії виконавчих механізмів. На сучасних легкових автомобілях застосовують комплексну електронну систему автоматичного керування бензиновим двигуном внутрішнього згоряння ЕСАК-Д. Електронний блок керування для такої системи, наприклад, випускає фірма BOSCH (ФРН) під назвою *авто-регулятор "Motronik"*.

Автотронні системи класифікують за основними виконуваними функціями: автотронна система впорскування палива, автотронна система антиблокування гальм тощо. Наприклад, автотронна система впорскування палива - це не тільки електронний блок керування впорскуванням та електрична схема з'єднань, але й вхідні давачі з неелектричними сигналами, вихідні виконавчі пристрої неелектричного принципу дії: форсунки впорскування, гідравлічні і пневматичні клапани тощо. Узагальнюючи, визначимо, що *автотронна система* - це бортовий комбінований комплекс, різних технічних пристроїв автоматичного керування, що з'єднані в одно ціле для виконання конкретних неелектричних дій. За схемотехнічним виконанням вона може бути як розімкненою, так і замкненою, з різноманітними давачами сигналів зворотного зв'язку. На основі декількох автотронних систем створюються великі бортові комплекси автоматичного керування, регулювання і контролю з обслуговуванням від загального універсального центрального бортового комп'ютера УЦБК.

На сучасних легкових автомобілях діють спеціалізовані автотронні системи:

- 1) впорскування палива для бензинових двигунів;
- 2) екологічні;
- 3) мікропроцесорного електроіскрового запалювання з додатковими функціями регулювання;

- 4) автоматичного керування бензиновим двигуном внутрішнього згоряння ЕСАК-Д;
- 5) керування гідравлічними гальмами;
- 6) електронного керування автоматичною коробкою перемикання передач.



**Рис.1.1 – Класифікація автомобільного обладнання за поколіннями**

На рис. 1.1 показано класифікацію автомобільного бортового обладнання за поколіннями (де ЕО - електрообладнання; ЕМ - електромеханічний; М - механічний; Н/П - напівпровідниковий; ЕН - електронний; ЕСАК - електронна система автоматичного керування; К - механічне неперервне розподілене за циліндрами впорскування на основі змішаного утворення суміші; L - переривчасте розподілене впорскування на основі зовнішнього утворення суміші; М - система впорскування, інтегрована в ЕСАК двигуном; СВП — система впорскування палива; СЗ -система запалювання; СД - система діагностики; СК - система контролювання; ПОС - прилади освітлення і сигналізації; ЕК - екологічна система; ЕНСЗ - електронна система запалювання; КСЗ - контактна система запалювання; МПСЗ -мікропроцесорна система запалювання; СВП т. Д - система впорскування палива типу Д (переривчастого розподіленого впорскування на основі внутрішнього утворення суміші); УЗС - ультразвукова система; ЦБК - центральний бортовий комп'ютер; АБС - гальмівна система з електронним керуванням; АКБ - акумуляторна батарея; КВПІ - контрольно-вимірювальні прилади; ДВЗ - двигун внутрішнього згоряння). Ознакою для класифікації вибрано поетапне впровадження нової

техніки.

**Перше покоління** - електрифікація автомобіля; створення класичного електрообладнання.

**Друге покоління** - впровадження аналогової напівпровідникової схемотехніки на дискретних радіoeлементax; створення простих електронних схем для керування електричними пристроями; впровадження релейних засобів автоматики. До другого покоління відносять також напівпровідникові схеми випростувачів для генераторів і перші контактнo-транзисторні системи запалювання.

**Третє покоління** - широке впровадження на автомобілі електронного обладнання цифрового принципу дії, нових систем бортової автоматики: електронне впорскування палива, цифрове керування запалюванням, електронне керування гальмами, екологічна система, бортова самодіагностика тощо. Тепер в системах бортової автоматики стали застосовувати різноманітні засоби гідравліки, пневмоавтоматики, оптоелектроніки, локації, радіотехніки, ультра- і інфразвуку, комп'ютеризації. Так з'явився термін "автотронне" обладнання, який об'єднав усе, що відноситься до автомобільної бортової автоматики. Таке обладнання створюється з застосуванням різноманітних фізичних принципів і засобів автоматичного керування і регулювання, на основі електронної цифрової автоматики з бортовим комп'ютером.

**Четверте покоління** - повна комп'ютеризація процесів автоматичного керування, контролю і регулювання з застосуванням центрального бортового комп'ютера зі значним розширенням виконуваних функцій. Обладнання автомобіля радарними засобами. Створення нових принципів керування автомобілем і його агрегатами: самокерування автомобіля в режимі автопілота, самозахист автомобіля від аварійних ситуацій, визначення координат на місцевості для спрощення пересування автомобіля на міських і шосейних дорогах, а також його пошуку для надання допомоги тощо.



### **Тема 1 Загальні відомості про систему електрообладнання автомобілів**

#### **1.1 Роль електрообладнання на автомобілі**

#### **1.2 Обладнання системи електропостачання**

#### **1.3 Електротехнічні матеріали і їх застосування в автомобілях**

#### **1.4 Системи електропостачання**

#### **1.1 Роль електрообладнання на автомобілі**

Електрообладнання сучасного автомобіля чи трактора є складною системою, що включає більше 100 виробів. Застосування електроніки на автомобілях та тракторах забезпечує автоматизацію робочих процесів, економію пального, безпеку руху, чистоту навколишнього середовища та поліпшує умови праці водія.

Застосування електроніки набуває темпів. Зараз з'явилися регулятори напруги на інтегральних схемах, мікропроцесорні системи запалювання, електронні пристрої керування гальмами і впорскування пального. Електронні системи використовуються також для діагностування технічного стану вузлів та агрегатів автомобілів та тракторів і можуть не тільки вказувати на несправність, а й повідомляти водієві про виниклі несправності в системах гальм, змащування та охолодження, про відчинені двері, затиснуте ручне гальмо тощо. Набули популярності серед водіїв радіоприймачі, магнітофони, кондиціонери, телефони.

Автомобіль чи трактор, який не має електронної системи запалювання, надійних джерел енергопостачання, точних контрольно-вимірювальних приладів, пристроїв, що запобігають забрудненню навколишнього середовища та зменшують до мінімуму витрату пального, не може бути конкурентоспроможним за ринкових умов України, а тим паче на світовому ринку.

Останні роки, коли Україна стала незалежною демократичною країною, автомобільний та тракторний парк став складатися не тільки з автомобілів та тракторів, що випускаються в країнах СНД (Росія, Білорусь, Україна), а й з автомобілів та тракторів, що випускаються в інших розвинутих країнах світу (Німеччина, США, Японія, Італія, Франція і т.д.). Описати будову, конструкцію, потужність та розміри апаратів електрообладнання такої гами автобусів, вантажних, легкових автомобілів та тракторів в одній книзі практично неможливо. Тому в даному підручнику перевагу віддано опису принципів дії та структурним схемам апаратів електрообладнання. Адже принцип дії та принципова конструктивна будова апаратів електрообладнання однакові в усьому світі і не залежать від країни виготовлення. Для кращого розуміння принципів дії генераторів, акумуляторів, стартерів, систем запалювання тощо в підручнику приводяться по 2-3 приклади конструкцій того чи іншого апарату системи електрообладнання.

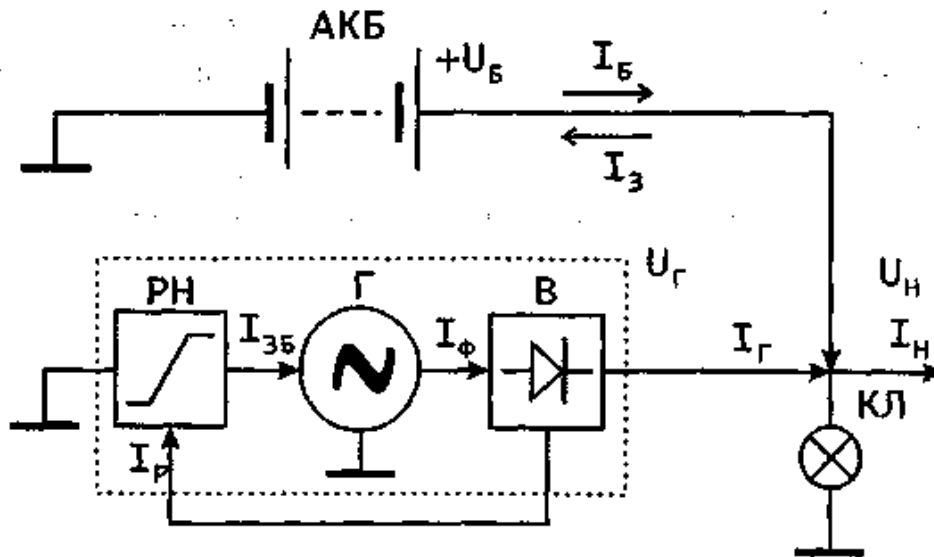
Електрообладнання всього автомобіля чи трактора доцільно представити у вигляді ряду самостійних функціональних систем: енергопостачання, пуску, запалювання, живлення, освітлення, сигналізації, інформації та діагностики, системи автоматичного керування двигуном та трансмісією, а також додаткового обладнання.

Велика насиченість автомобіля та трактора електронними пристроями змінила й вимоги до його технічної експлуатації.

Технічне обслуговування, ремонт та діагностування сучасного автомобіля чи трактора може виконувати лише висококваліфікований технічний персонал, який досконало знає його будову та правила експлуатації.

**1.2 Обладнання системи електропостачання**

Система електропостачання сучасного автомобіля складається з такого обладнання: монолітної кислотної акумуляторної батареї АКБ, генератора змінного струму  $\Gamma$  з потужним випростувачем В та електронним регулятором напруги РН (рис. 1.2), електричних та електронних пристроїв, які забезпечують нормальне функціонування всієї системи в цілому. Джерела живлення бортової електромережі автомобіля: акумуляторна батарея АКБ і генератор  $\Gamma$  - з'єднані зустрічно-паралельно.



**Рис. 1.2 - Система електропостачання з генератором змінного струму**

На рисунку позначено: АКБ - акумуляторна батарея з напругою  $U_B$ ; РН - регулятор напруги генератора;  $I_p$  - струм вмикання регулятора РН;  $\Gamma$  - генератор змінного струму; В - випростувач;  $U_\Gamma$  та  $I_\Gamma$  - відповідно постійна напруга та постійний струм генератора; КЛ - контрольна лампа генератора;  $I_B$  - струм від АКБ;  $I_{3Б}$  - струм обмотки збудження генератора;  $I_\Phi$  - змінний струм генератора;  $I_H$  та  $U_H$  - відповідно струм навантаження та напруга в бортмережі автомобіля.

Система електропостачання працює так. Якщо ротор генератора не крутиться (двигун ДВЗ не запущено), то споживачі електроенергії живляться від АКБ ( $U_H = U_B$ ;  $I_H = I_B$ ). Якщо після пуску двигуна ДВЗ напруга генератора  $U_\Gamma$  є менша від напруги  $U_E$  АКБ, то бортові споживачі живитимуться далі від АКБ ( $U_H = U_E$ ;  $I_H = I_B$ ). Коли напруга генератора зростає і досягне значення напруги АКБ, тоді  $U_H = U_E = U_\Gamma$ . Для зустрічно паралельного з'єднання АКБ і генератора та з умови рівності їх напруг струм зарядження акумуляторної батареї не буде ( $I_3 = 0$ ). Бортові споживачі живляться від обох джерел: АКБ і генератора ( $I_H = I_B + I_\Gamma$ ). Частота обертання ротора генератора підбирається дещо нижчою від граничних обертів неробочого ходу прогрітого ДВЗ.

З моменту досягнення колінчастим валом обертів, вищих від граничних обертів неробочого ходу, напруга генератора стане більшою від напруги АКБ ( $U_\Gamma > U_E$ ). Регулятор РН, споживаючи струм  $I_p$  від генератора, стабілізуватиме його напругу зі збільшенням обертів ДВЗ. Тепер генератор живить усі кола споживачів електро енергії і починає заряджати АКБ ( $I_\Gamma = I_H + I_p + I_3$ ). Напруга на навантаженні дорівнює напрузі генератора ( $U_H = U_\Gamma$ ), а її значення визначається та підтримується регулятором напруги РН. Струм генератора  $I_\Gamma$  на високих обертах ДВЗ залишається незмінним. В сучасних потужних генераторах змінного струму максимальне значення струму  $I_\Gamma$  може досягати 100 А.

Зазначимо, що заряджання АКБ на автомобілі проводиться з постійною напругою. І

## **Лекція 1 — Загальні відомості про систему електропостачання**

коли АКБ сильно розряджена, струм заряду Із може стати великим. Якщо номінальна ємність АКБ не узгоджена з максимальним струмом генератора, може бути перегрівання сильно розрядженої батареї на початку її заряджання, або постійне недозарядження АКБ, що знижує термін її служби. Автомобільний генератор і АКБ потрібно підбирати за струмовим параметром генератора та номінальною ємністю батареї (підконтрольна лампа КЛ роботи генератора (заряджання) працює за принципом "так" - "ні", і сигналізує, що в системі електропостачання існують неполадки, але без визначення причини і місця їх знаходження. Тому більш досконалим способом контролю є включення в систему електропостачання двох приладів: вольтметра і амперметра. Така система дає змогу, по перше, контролювати зарядний струм і підтримувану напругу на генераторі. По-друге, можна визначити, де і що саме вийшло з ладу. Наприклад, вольтметр характеризує режим заряджання акумуляторної батареї і нормальну роботу генератора і регулятора напруги. Якщо покази вольтметра малі, то несправний регулятор напруги або сам генератор. Велика напруга на вольтметрі означає неправильне налагодження регулятора напруги або неполадки в колі генератор-регулятор.

### **1.3 Електротехнічні матеріали і їх застосування в автомобілях**

Електротехнічними матеріалами називаються матеріали характерні своїми якостями по відношенню до електромагнітного поля які використовуються в техніці з використанням їх якостей.

Провідні електротехнічні матеріали характеризуються сильно вираженою в порівнянні з іншими електротехнічними матеріалами електропровідністю.

Напівпровідниковими матеріалами називаються матеріали, які по своїй провідності є проміжковими між провідними та діаметричними матеріалами.

Діаметричними матеріалами називаються матеріали основною електричною якістю яких являється спроможність до поляризації і в яких можливе існування електричного поля.

### **1.4 Електричні системи автомобіля**

Перелік класичного електрообладнання ЕО, що наведений нижче, зроблено способом групування його за електричними системами автомобіля:

- **У системі електропостачання:** електрогенератор, реле регулятори, акумуляторна батарея, набір комутаційних пристроїв, запобіжників та з'єднувальних проводів.
- **У системі електростартерного пуску** двигуна внутрішнього згорання ДВЗ: електростартер, акумуляторна батарея, апаратура стартерного кола в підсистемі керування стартером, комутаційні пристрої.
- **У системі електроіскрового запалювання:** котушка запалювання, переривник розподільник, свічки запалювання з високовольними проводами. (На автомобілях з дизельними ДВЗ така система відсутня або замінена системою жарового запалювання).
- **Для системи освітлення і сигналізації:** фари, зовнішні ліхтарі габаритних вогнів і світлової сигналізації, звуковий сигнал, ліхтарі внутрішнього освітлення, пристрої спеціальної сигналізації.
- **Для інформаційно-контрольної системи та допоміжного електрообладнання:** щиток контрольно-вимірювальних приладів, пульт керування водія, блок реле і запобіжників, пристрої комутації, електропривідне обладнання (склоочисники, обмивники вікон, електроventильатори тощо).
- **Група комфортного обладнання кузова:** підсистема електропідігріву сидінь; внутрішнє

## **Лекція 1 — Загальні відомості про систему електропостачання**

опалення і освітлення; вентиляція і кондиціонування; електроприводи склопідіймачів вікон та люка на кузові, радіоантени; засоби протиаварійного захисту водія та пасажирів; центральний замок дверей; всі засоби теле , аудіо-, відео-, радіо- і телефонної техніки.

За останні сорок років складові компоненти класичного автомобільного електрообладнання зазнали значного удосконалення, але сукупність наведених найменувань в системах не змінилась.

### **Контрольні запитання:**

1. Які електричні пристрої входять в систему електропостачання?
2. Назвіть види електротехнічних матеріалів.
3. Які електричні пристрої входять в систему електроіскрового запалювання?
4. Які електричні пристрої входять в систему електростартерного пуску?

- 2.1 Призначення і будова стартерної акумуляторної батареї. Вимоги до акумуляторної батареї
- 2.2 Регламентована густина електроліту і його приготування. Хімічні процеси в акумуляторній батареї
- 2.3 Ємність і маркування акумуляторів
- 2.4 Параметри акумуляторної батареї
- 2.5 Основні несправності акумуляторних батарей. Методи заряджання акумуляторних батарей. Ремонт акумуляторних батарей

#### 2.1 Призначення і будова стартерної акумуляторної батареї. Вимоги до акумуляторної батареї

*Акумуляторна батарея* АКБ забезпечує живлення електричним струмом стартера під час пуску двигуна та інших приладів електрообладнання, коли генератор не працює або не може ще віддавати енергію в бортову мережу (наприклад, під час роботи двигуна в режимі неробочого ходу). Однак основне призначення АКБ це робота на електростартер для пуску двигуна внутрішнього згорання ДВЗ. Власне тому її часто називають *стартерною* акумуляторною батареєю.

АКБ складається з шести свинцево-кислотних двовольтових акумуляторів, з'єднаних між собою послідовно, що забезпечує робочу напругу 12 В. Бак акумуляторної батареї, який виготовляється з кислототривкої пластмаси або ебоніту, поділено перегородками на шість відділень. На дні кожного відділення є ребра (призми), на які спираються пластини акумуляторів.

*Акумулятор* складається з напівблоків плюсових 10 (рис. 2.1) і мінусових 9 пластин, ізольованих одна від одної сепараторами 14, які виготовлено з пористих пластмас (міпори або міпласта). Пластини відливають у вигляді решіток із свинцю з додаванням 7-8 % стибію (сурми) для механічної міцності. В решітку пластин упресовують активну масу, приготовлену на водяному розчині сірчаної кислоти з оксидів свинцю свинцевого сурику ( $Pb_3O_4$ ) та свинцевого глету ( $PbO$ ) для плюсових пластин і свинцевого порошку для мінусових. З метою збільшити ємність акумулятора й зменшити його внутрішній опір, однойменні пластини з'єднують у напівблоки, що закінчуються вивідними полюсними шпіннями 4,8,12,13.

Напівблоки з плюсовими й мінусовими пластинами вкладають у блок так, що плюсові пластини розташовуються між мінусовими; тому останніх завжди на одну більше. Це дає змогу краще використати активну масу плюсових пластин. *Сепаратори* встановлюють між пластинами так, щоб їхній ребристий бік був повернутий до поверхні плюсових пластин, забезпечуючи тим самим краще надходження до них електроліту.

Складений акумулятор поміщають у відділення бака й закривають кришкою, що має два отвори для виходу полюсних шпіннів, а також отвір 3 для заливання електроліту, який закривається різьбовим корком 5. У корку є вентиляційний отвір, що сполучає внутрішню порожнину акумулятора з атмосферою. Зазори між кришками та стінками бака заповнюють бітумною мастикою 2. Акумулятори з'єднують між собою свинцевими перемичками 7. Полюсні шпини 4, 13 крайніх акумуляторів (плюсовий та мінусовий) призначаються для вмикання батареї в коло електромережі автомобіля.

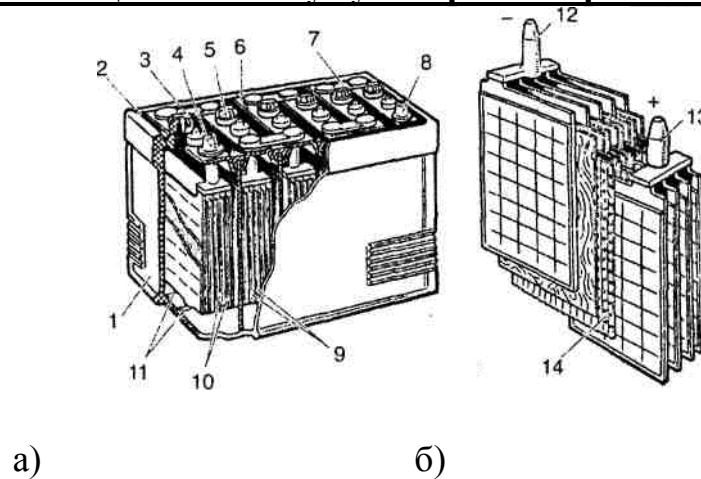


Рис. 2.1 - Будова свинцево-кислотної стартерної акумуляторної батареї зі спільною кришкою:

а - загальний вигляд; б - блок пластин:

1 -бак; 2 -мастика; 3 -заливний отвір; 4, 8, 12, 13 -полюсні шпини;  
5 - корок заливного отвору; 6 - кришка; 7 - перемичка; 9, 10 – відповідно мінусові й плюсові пластини; 11 -ребра; 14 — сепаратори

## 2.2 Регламентована густина електроліту і його приготування. Хімічні процеси в акумуляторній батареї

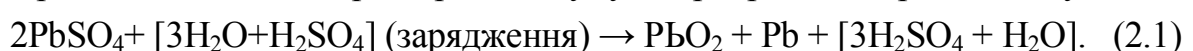
В акумулятори заливають електроліт, що складається з хімічно чистої сірчаної кислоти ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) і дистильованої води. Електроліт готують у кислототривкій посудині (свинцевій, керамічній, пластмасовій), *вливаючи кислоту у воду*. Заливати воду в кислоту не можна, оскільки процес сполучення в цьому разі відбуватиметься на поверхні, спричиняючи розбризкування кислоти, що може призвести до опіків тіла.

Під час заряджання в акумуляторах відбувається перетворення електричної енергії на хімічну, що виражається в зміні складу активної маси (на плюсових пластинах утворюється перекис свинцю ( $\text{PbO}_2$ ), а на мінусових - губчастий свинець ( $\text{Pb}$ )) та в збільшенні густини електроліту.

Таблиця 2.1 - Приготування електроліту відповідної густини

Густина електроліту ( $\text{г/см}^3$ ), зведена до температури 15 °C	Сірчаної кислоти (1.83 $\text{г/см}^3$ ), л (на 1 л води)
1.23	0.280
1.25	0.310
1.27	0.345
1.29	0.385

Загальне рівняння хімічних перетворень в акумуляторі при його зарядженні буде таким:

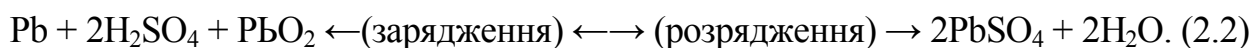


## Лекція 2 — Акумуляторні батареї

Як видно з рівняння, в процесі заряджання акумулятора відновлюються реагенти і збільшується концентрація сірчаної кислоти, а це означає, що збільшується густина електроліту.

Розряджання - зворотний хімічний процес, під час якого знижується густина електроліту, а активна маса на одних і других пластинах перетворюється на сірчаноокислий свинець ( $\text{PbSO}_4$ ).

Розряджально - заряджальний цикл хімічних перетворень в акумуляторі можна описати рівнянням загальної реакції струмоутворення:



Таке рівняння показує на зворотність хімічних процесів в акумуляторі. Це означає, що коли розряджається акумулятор, частина активних хімічних реагентів переходить у сульфат свинцю і у воду. Під час заряджання хімічна реакція проходить зворотно і активні реагенти відновлюються. Однак повного відновлення не відбувається. Від циклу до циклу на електродах АКБ нагромаджується сірчаноокислий свинець (сульфат), що поступово призводить до руйнування батареї. Цьому також сприяє саморозряджання батареї.

**Таблиця 2.2 - Густина електроліту при експлуатації в різних кліматичних районах**

Кліматичні райони (середньомісячна температура повітря в січні місяці)	Пора року	Густина електроліту (25°C г/см <sup>3</sup> )	
		Залитого в батарею	Після повного заряду
Дуже холодний ( -50°C . . . -30°C )	Зима літо	1,28	1,3
		1,24	1,26
Холодний (-30°C . . . -15°C )	Цілий рік	1,26	1,28
Перемінний (-15°C . . . -8°C)	Цілий рік	1,26	1,28
Жаркий сухий (-15°C . . . +4°C)	Цілий рік	1,22	1,24
Теплий вологий (0°C . . . +4°C)	Цілий рік	1,21	1,23

Оскільки густина електроліту визначає електрорушійну силу (ЕРС), яку розвиває акумулятор, то за значенням густини можна судити про ступінь зарядженості батареї. Густина електроліту залежить від його температури, зменшуючись приблизно на 0.1 г/см<sup>3</sup> при підвищенні температури на 15 °C. У розрахунках густину електроліту, як правило, зводять до температури 15 °C. Для запобігання замерзанню електроліту під час експлуатації акумуляторів узимку його густину регламентують залежно від кліматичних умов (табл. 2.2)

### 2.3 Ємність і маркування акумуляторів

**Номінальна ємність акумулятора** - це кількість електрики, яку може віддати повністю заряджений акумулятор у разі розряджання його струмом в 20-годинному режимі до напруги 1.7 В, за температури електроліту 30 °C та початкової його густини 1.285 г/см<sup>3</sup>. Ємність виражається в ампер-годинах (А-год) і залежить від кількості й розмірів паралельно з'єднаних пластин, сили розрядного струму, а також температури електроліту. Чим більше пластин і чим більший їхній розмір, чим менша сила розрядного струму й вища температура електроліту, тим більшу ємність може віддавати акумулятор під час розряджання. В разі зниження температури

## Лекція 2 — Акумуляторні батареї

електроліту ємність зменшується приблизно до 1 % на кожний градус. Наприклад, якщо номінальна ємність батареї (за температури електроліту 30 °С) дорівнює 55 А-год, то за температури електроліту 0 °С вона зменшиться на 30 % і становитиме 38 А-год, а за температури -20 °С - зменшиться на 50 % і дорівнюватиме 27 А-год. Ємність одного акумулятора й батареї з кількох акумуляторів, з'єднаних послідовно, однакова (послідовно з'єднують акумулятори, які мають однакову ємність).

На перемичках акумуляторних батарей є позначення, що визначають їхню характеристику.

На автомобілях ЗАЗ встановлюється акумуляторна батарея 6СТ-55ЕР, на ВАЗ-2105 - 6СТ-55П, а на ГАЗ-24 - 6СТ-60ЕМ.

**Маркування АКБ пояснюється так:**

- перша цифра позначає кількість акумуляторів у батареї;
- літери СТ свідчать про те, що батарея стандартного типу;
- число після літер показує номінальну ємність батареї в ампер-годинах;
- останні літери позначають матеріал бака (Е - ебоніт, П - пластмаса) та матеріал сепараторів: Р - міпора (сітчасті пластини з листового ебоніту), М - міпласт (поліхлорвінілові пористі пластини).

**За конструкцією стартерні АКБ поділяють на:**

- *обслуговувані*,
- *малообслуговувані*,
- *необслуговувані*,
- *монолітні* (рис. 2.3).

На рисунку позначено: 1 - моноблок; 2 - накривка; 3 - вентиляційний пристрій; 4 - клемма АКБ; 5 - індикатор зарядженості; 6 - внутрішнє з'єднання акумуляторів; 7 - з'єднувальний мостик; 8 - плюсовий електрод; 9 - сепаратор; 10 - мінусовий електрод; 11 - отвір для заливання; 12 - блок електродів; 13 - підпора дна; 14 - мостик зовнішнього з'єднання; 15 - термопластична мастика; 16 - призма; 18 - корок; 19 - прокладка; 20 - активна маса електрода; 21 - свинцева решітка електрода; 22 - сепаратор; 23 - давач рівня електроліту.

Конструкція *обслуговуваної* АКБ дає змогу перевірити густину електроліту та розряджувальний струм контрольною вилкою на кожному акумуляторі, а за потреби замінити його на новий. Такі АКБ мають певні недоліки: великі габарити і значну вагу, підвищений омичний опір батареї, здатність до саморозрядження та випаровування електроліту через корки.

*Малообслуговувані* АКБ збираються з акумуляторів в одному моноблоці, з внутрішнім з'єднанням і герметичною кришкою. Мають менші габарити і вагу, менший внутрішній опір, не мають саморозрядження. Недолік - неможливість виміряти напругу на кожному акумуляторі і замінити його на новий.

Автомобільні акумулятори нового покоління *необслуговувані*. Батарея повністю герметична. Застосування кальцієвого свинцю замість сурми забезпечує підвищену провідність і невеликий внутрішній опір, що зумовлює підвищену стартову потужність. У герметично закритій батареї вода випаровується набагато повільніше, зменшується ймовірність проникнення в електроліт сторонніх домішок із повітря або нечистої води. Кожну пластину розміщено в окремому конверті-сепараторі, мікропористий матеріал котрого, будучи абсолютно інертним до електроліту, підвищує стійкість пластин до вібрацій і перешкоджає наростанню активної маси. Надійно захищені пластини розташовуються ближче одна до одної; в результаті підвищується питома ємність, а сама батарея стає компактнішою. Для "дихання" електроліту передбачено



## Лекція 2 – Акумуляторні батареї

вентиляційний клапан, що сполучає батарею з атмосферою.

Акумулятор має оптичний визначник зарядженості (сендикатор), який дає змогу діагностувати стан батареї за кольором "вічка". Зелене вічко означає нормальну зарядженість, чорне - недостатню (потрібне підзарядження), жовте (світле) - необхідність замінити акумулятор.

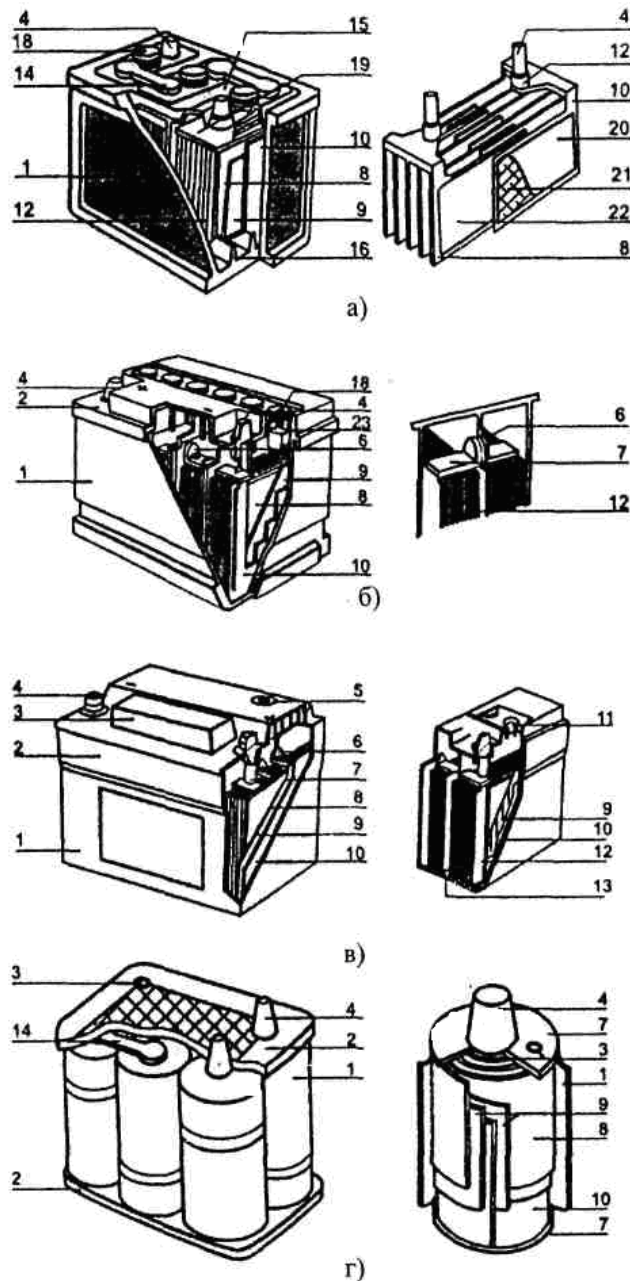


Рис. 2.3 – Стартерні акумуляторні батареї  
а) – обслуговувані; б) – малообслуговувані;  
в) – необслуговувані; г) - монолітні

## Лекція 2 — Акумуляторні батареї

**Монолітні** АКБ мають циліндричну форму за конструкцією стрічкових електродів і зовнішні з'єднання з обох сторін акумуляторних циліндрів. Вони є малогабаритні, довговічні, але коштують дорого.

### 2.4 Параметри акумуляторної батареї

До основних параметрів свинцево-кислотних акумуляторів належать:

- Електрорушійна сила ЕРС  $E_a$  (В).
- Густина електроліту  $\gamma$  (г/см<sup>3</sup>).
- Повний внутрішній опір  $R_a$  (Ом).
- Напруга на клеммах акумулятора  $U_a$  (В).
- Номінальна ємність  $C_n$  (А-год).
- Тривалість зберігання  $t_{зб}$  і час експлуатації  $t_{ек}$  (місяці).

**Електрорушійна сила ЕРС** акумулятора - це різниця електричних потенціалів  $\phi$  між електродами за відсутності струму в акумуляторі:  $E_a = \phi^+ - \phi^-$ . Для визначення ЕРС можна використати емпіричну формулу:

$$E_a = 0.84 + [0.00075(T - 25) + \gamma_T],$$

в якій вираз в квадратних дужках означає густину  $\gamma_{25}$  електроліту, значення якої зведено до температури 25 °С;  $\gamma_T$  - густина електроліту для цієї температури  $T$  °С.

Якщо температура змінюється від -30 до +50 °С, то ЕРС кожного акумулятора в батареї змінюється на 0.04 В. Такою величиною спаду напруги можна знехтувати і вважати, що ЕРС залежить тільки від густини електроліту. Так, якщо густина електроліту з  $T = 25$  °С дорівнює 1.28 г/см<sup>3</sup>, то ЕРС в кожному акумуляторі  $E_a = 0.84 + 1.28 = 2.12$  В, а ЕРС батареї дорівнює 12.72 В.

Густина електроліту в АКБ приймає значення в межах 1.07-1.3 г/см<sup>3</sup>. Сам електроліт - це 30 %-й розчин сірчаної кислоти в дистильованій воді. Хімічно чиста сірчана кислота (94 %) не має кольору і запаху, кипить при 33 °С, має густину 1.83 г/см<sup>3</sup>.

Густина електроліту визначає тривалість експлуатації АКБ, яка збільшується зі зменшенням густини, і ємність батареї, яка зменшується зі зменшенням густини електроліту. Збільшення густини електроліту до 1.3 г/см<sup>3</sup> створює кращі умови для зберігання АКБ в діапазоні низьких температур (до -60 °С).

**Повний внутрішній опір**  $R_a$  акумулятора визначається як сума

$$R_a = R_o + R_n,$$

в якій внутрішній опір акумулятора:

$$R_o = R_K + R_e + R_c + R_{AM}$$

де  $R_K$  - опір внутрішніх з'єднувальних контурів;  $R_e$  - опір електроліту;  $R_c$  - опір сепараторів;  $R_{AM}$  - опір активних мас.

Величину  $R_n$  називають опором електрострумової поляризації акумулятора. Поляризація - це зміна потенціалів електродів під час проходження різнонаправленого струму в різних режимах роботи відносно безструмового стану акумулятора. Вона спричиняє втрати всередині акумулятора під час переходу з режиму розряджання в режим заряджання, і навпаки.

Значення опору  $R_e$  становить 50 % від внутрішнього опору  $R_o$ . Під час розряджання акумулятора активна маса перетворюється в сульфат свинцю ( $PbSO_4$ ), а електроліт втрачає частину кислоти, що призводить до збільшення опору  $R_o$ . Так, зі зміною температури в

## Лекція 2 — Акумуляторні батареї

межах  $-40...+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  величина  $R_0$  змінюється більше, ніж в три рази.

**Напруга на клеммах акумулятора** - це різниця потенціалів на клеммах акумулятора в час протікання струму  $I_a$ . Якщо протікає струм розрядження акумулятора  $I_{ap}$ , то за другим законом Кірхгофа

$$E_a = I_{ap}(R_H + R_a),$$

де  $R_H$  - зовнішнє навантаження.

Якщо протікає постійний заряджальний струм  $I_{az}$  від випростувального пристрою, то рівняння електричної рівноваги виглядає так:

$$E_b - E_a = I_{az}R_a + I_{az}R_b$$

де  $E_b$ ,  $R_b$  - ЕРС і внутрішній опір випростувального пристрою.

$$U_{az} = E_a + I_{az}R_a.$$

В алгебричній сумі електрорушійних сил ( $E_b - E_a$ ) знак мінус означає, що  $E_b$  і  $E_a$  під час заряджання потрібно вмикати зустрічно і  $E_b$  повинна бути більшою за  $E_a$ .

**Ємність і розряджувально-заряджувальні характеристики.** Якщо заряджену АКБ підключити на постійне навантаження, то струм розрядження буде поступово зменшуватися до нуля.

Однак не можна допустити, щоб струм розрядження впав до нуля, оскільки це призвело б до пошкодження АКБ. На практиці ємність АКБ визначають для часткового (60 %) розрядження постійним струмом  $I_p$  за час  $t_p$ , за який напруга розрядження  $U_p$  досягне наперед заданої величини, але не менше 6 В. Тоді *нормована* (розряджувальна) ємність АКБ (в ампер-годинах)

Величину нормованої ємності в паспортних даних називають *номінальною* ємністю батареї, значенням якої користуються в процесі експлуатації. Переважно приймають, що для  $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  і  $I_p = 0,05C_{20}$  ( $C_{20}$  - ємність батареї, визначена 20-годинним розрядженням), з досягненням величини кінцевої напруги розрядження  $U_{pk} = 10.2\text{ В}$  (1.7 В на окремий акумулятор), батарея стає повністю розрядженою, хоча є ще певний запас ємності ( $C_n - 0.4C_n$ ). Саме такі параметри:  $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $U_{pk} = 10.2\text{ В}$ ;  $I_p = 0.05C_{20}$ ;  $t_p = 20\text{ год}$  визначає російський стандарт.

Для стартерних режимів роботи ДВЗ визначають *пускову* здатність АКБ, виходячи з пускового струму  $I_{pn} = 3C_{20}$  для двох температур ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  і  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) і з розрядженням до заданої кінцевої величини напруги  $U_{pk}$ .

### 2.5 Основні несправності акумуляторних батарей. Методи заряджання акумуляторних батарей. Ремонт акумуляторних батарей

#### Основні несправності свинцево-кислотних акумуляторних батарей:

У процесі експлуатації акумуляторних батарей виникають такі несправності: кородують ґратки позитивних електродів; обпливає активна маса електродів; жолобляться пластини; проростають сепаратори, тобто окремі пари сепараторів наскрізь заповнюються свинцем і між електродами з різною полярністю виникає коротке замикання через свинцеву губку, яка утворюється на їхніх краях; необоротно сульфатуються електроди, внаслідок чого різко зменшується фактична ємність і підвищується напруга під час заряджання; саморозрядження.

У деяких випадках також порушується контакт у виводах чи перемичках, герметичність через розтріскування чи затікання мастики всередину акумуляторів, механічне пошкодження

## **Лекція 2 — Акумуляторні батареї**

кришок і баків, оплавлення вивідних затискачів та інші дрібні несправності, які є наслідком неякісного виготовлення або недбалої експлуатації. Для акумуляторних батарей, які на сьогодні випускають, співвідношення кількості різних несправностей становить (приблизно), %: корозія ґраток позитивних електродів - 42; обпливання активної маси та замикання нижніх країв електродів - 35,5; проростання сепараторів із міпласту та руйнування сепараторів із міпору - 16; інші несправності - 6,5. Розглянемо ці несправності.

### ***Корозія ґраток позитивних електродів.***

У процесі експлуатації ґратки позитивного електрода, які складаються із свинцю з різними домішками (сурма, кальцій, срібло, арсен), окислюються й втрачають механічну міцність. Процес корозії прискорюється із зниженням температури електроліту, густини зарядного струму та інших умов, які сприяють виділенню кисню (наприклад, унаслідок електролітичного розкладання води під час перезаряджання). З огляду на довговічність, акумуляторну батарею бажано експлуатувати з високою густиною електроліту, невисоким ступенем розрядженості. Проте із зниженням температури та підвищенням густини електроліту зростає швидкість руйнування активної маси на електродах. Тому експериментально визначено деякі середні густини електроліту для різних кліматичних районів, граничні температури електроліту, за яких припустима експлуатація, та ін.

Із корозією ґраток позитивних пластин тісно пов'язане явище деформації (зростання) цих ґраток. Деформація ґраток виявляється в тому, що протягом терміну служби поступово збільшуються їхні лінійні розміри. Причиною цього є, з одного боку, набрякання активної маси, а з другого - утворення внаслідок корозії окисної плівки на жилках. Це пояснюється тим, що об'єм плівки  $PbO_2$  значно більший за об'єм свинцю, із якого вона утворюється, внаслідок чого жилки ґраток позитивних електродів розриваються.

### ***Обпливання активної маси позитивних електродів.***

Суть цього явища полягає у відпаданні від електродів найдрібніших кристалів та зерен  $PbO_2$  (розміром менш як 0,1 мм). Дослідження засвідчили, що на обпливання впливають здебільшого густина струму та концентрація електроліту під час розряджання. Наприклад, збільшення густини електроліту приблизно на 0,2 г/см<sup>3</sup> зменшує термін служби активної маси в 8-10 разів, а підвищення густини зарядного струму з 0,65 до 1,8 А/дм<sup>2</sup> знижує цей показник майже на 50%. На обпливання активної маси дуже впливає також температура електроліту.

### ***Короблення електродів.***

Цей процес спричинюють, здебільшого, перегрівання батареї та розрядні струми великої густини. Він виявляється в поздовжньому прогинанні електродів (із стрілою прогину до 3—4 мм).

### ***Проростання сепараторів і коротке замикання.***

Набрякання активної маси позитивних електродів та її обпливання є причинами шкідливих наслідків. Часто набрякла активна маса заповнює найбільші за діаметром пори сепараторів, і в них утворюються наскрізні містки, внаслідок чого виникає часткове замикання електродів і різко збільшується саморозряджання батарей.

## **Лекція 2 — Акумуляторні батареї**

Найчастіше це явище виникає в сепараторах, виготовлених із міпласту, які мають пори з великим діаметром (до 30 мкм). Обпливаючи, активна маса поступово може заповнити вільний простір між опорними призмами в моноблоці й замкнути електроди різної полярності між собою. Нарешті, внаслідок трясіння й вібрації під час руху автомобіля окремі частинки обпливної активної маси осідають на нижніх та бічних краях електродів, утворюючи свинцеву губку. В міру наростання її шару утворюватимуться містки між електродами з різною полярністю, які спричинятимуть коротке замикання всередині акумулятора.

### ***Необоротна сульфатація.***

Під необоротною сульфатацією електродів розуміють такий їхній стан, коли вони не заряджаються під час пропускання нормального зарядного струму протягом визначеного інтервалу часу. Проявом цього явища на негативному електроді є наявність на його поверхні суцільного шару сульфату свинцю. Активний матеріал таких електродів твердий і піщаний.

Внаслідок сульфатації електроди втрачають свою ємність і акумулятор стає непрацездатним. Необоротну сульфатацію може спричинити неповне формування електродів, велике саморозрядження під дією різних домішок чи коротких замикань, систематичні недозарядження батарей, тривале перебування батарей у незарядженому стані, зниження рівня електроліту відносно верхніх крайків електродів.

Схожі на необоротну сульфатацію явища можуть також виникати внаслідок наявності в електроліті домішок, які, осідаючи на електроди, зменшують площу їхньої робочої поверхні і перешкоджають перебігові основної струмоутворювальної реакції.

### ***Саморозрядження.***

Причинами цього явища є засмічення активної маси домішками, які утворюють місцеві електронні пари, виникнення між електродами замикань із великим опором (наприклад, під час проростання сепараторів) і забруднення акумуляторної батареї. У процесі експлуатації батарей наявне природне збільшення саморозрядження через утворення внутрішніх електричних кіл. Ці процеси можна трохи затримати, уникаючи застосування брудного чи некіслотостійкого посуду та використання тільки дистильованої води.

### ***Саморозрядження АКБ буває трьох типів:***

- *випадкове,*
- *прискорене,*
- *природне.*

- Випадкове саморозрядження - це розрядження прихованими струмами спливу на корпус автомобіля. Прискорене - завчасне розрядження струмами спливу (наприклад, між пластинами акумулятора під час осипання активної маси). Природне саморозрядження визначається фізичною властивістю активних хімічних елементів з часом втрачати свою активність. Природне саморозрядження виникає внаслідок таких процесів:

- осаду сірчаної кислоти в електроліті, тобто появи внутрішніх струмів розрядження;
- проникнення електроліту до свинцевих решіток (поява струмів розрядження між решіткою і активною масою);

## Лекція 2 — Акумуляторні батареї

- появи поверхневої сульфатації (поверхневі струми спливу).

Для звичайних батарей добове саморозрядження повинно бути не більше 0.5 % від  $C_{20}$ . Для монолітних АКБ саморозрядження за один рік не перевищує 25-30 % від  $C_{20}$ , а термін експлуатації становить 7-8 років. Для будь-якого типу акумуляторів добове саморозрядження зменшується зі зменшенням густини електроліту та зі зниженням його температури.

*Залежність  $E_a(y)$ , або електродна характеристика є майже прямолінійною і відтворює вплив густини електроліту на ЕРС акумулятора за певної температури.*

Густина електроліту незначно зменшується зі збільшенням температури і сильно збільшується з підвищенням ступеня зарядженості акумулятора. Так, в розрядженому акумуляторі з густиною  $\gamma = 1.3 \text{ г/см}^3$  електрорушійна сила  $E_a = 2.1 \text{ В}$ . У зарядженому акумуляторі з густиною  $\gamma = 1.2 \text{ г/см}^3$  така сама електрорушійна сила  $E_a = 2.0 \text{ В}$ . Електродна характеристика показує, що ЕРС не може бути метрологічним параметром зарядженості акумулятора, а ним є, як було вже сказано, густина електроліту.

### Зарядження АКБ проводять переважно двома способами:

- 1) з постійним струмом зарядження  $I_3 = \text{const}$ ;
- 2) з постійною напругою  $U_3 = \text{const}$

Для першого способу, з постійним струмом, ємність батареї  $C_3 = I_3 t_3$  ( $t_3$  - час зарядження до кінцевого значення напруги  $U_{3K}$ ). Для свинцево-кислотних акумуляторів номінальний зарядний струм  $I_{3н} = (0.05-0.1) C_{20}$ . Значення  $U_{3K}$  не нормоване, але для АКБ з обслуговуванням  $U_{3K} = 16.2 \text{ В}$ , для необслуговуваних -  $U_{3K} = 14.5 \text{ В}$ .

В режимі з постійною напругою  $U_3 = \text{const}$  максимальне значення заряджувального струму обмежують до  $(0.2-0.3) C_{20}$ . Якщо параметри акумулятора  $U_3$ ,  $I_3$ ,  $\gamma$  в процесі зарядження не змінюються протягом певного часу (2-3 години), то такий процес називають *перезарядженням* акумулятора. Він сприяє повнішому відновленню активних реагентів у порах електродних мас. Сучасні АКБ не мають газовиділення, а також перезарядження, тому вони не обслуговуються.

Зарядження АКБ на борту автомобіля здійснюється від генератора з постійною напругою (14.5 В) з обмеженням максимального струму зарядження до  $0.3 C_n$ . Це досягається правильним підбором генератора і регулятора його напруги для цього типу АКБ.

Щодо необслуговуваних і монолітних АКБ, то їх заряджають переважно з постійною напругою  $U_3 = 14.5 \text{ В}$ . Повна зарядженість таких АКБ визначається різким падінням струму зарядження до нуля.

### **Контрольні питання:**

1. Для чого призначена стартерна АКБ?
2. З яких елементів складається стартерна АКБ?
3. Яка густина електроліту для різних кліматичних районів?
4. Дайте визначення номінальної ємності АКБ?
5. Як маркуються стартерні АКБ?
6. Як за конструкцією поділяються стартерні АКБ?
7. Назвіть основні параметри стартерних АКБ.
8. Назвіть основні характеристики АКБ.
9. Які можуть виникати несправності в стартерних АКБ?

### Тема 3 Генератори

#### 3.1 Загальні відомості про генераторні пристрої. Призначення і вимоги до генераторів

#### 3.2 Конструктивне виконання генераторів змінного струму

#### 3.3 Генератори з додатковими випрямлячами

#### 3.4 Принцип дії безконтактних індукторних генераторів змінного струму

#### 3.5 Експлуатація генераторів змінного струму. Технічне обслуговування генераторів змінного струму

#### 3.1 Загальні відомості про генераторні пристрої. Призначення і вимоги до генераторів

**Генератор** - основне джерело електричної енергії в автомобілі - забезпечує живлення всіх електроспоживачів бортової електромережі автомобіля і заряджання акумуляторної батареї на середній та великій частоті обертання колінчастого вала двигуна. На сучасних автомобілях встановлюються трифазні генератори змінного струму з випростувачами на кремнієвих діодах (генератор Г221 на автомобілях ВАЗ, Г250-Н1 на ГАЗ-24, Г502-А на ЗАЗ).

Принцип дії генератора змінного струму ґрунтується на явищах електромагнітної індукції, відкритих М.Фарадеєм. Якщо котушку із мідного проводу пронизує магнітний потік, то при зміні полюсів на виводах цієї котушки з'явиться змінна електрорушійна сила (ЕРС).

А для створення магнітного потоку достатньо пропустити постійний струм через якусь іншу котушку, що називається обмоткою збудження.

Таким чином для отримання змінного електричного струму в генераторі існує обмотка збудження по якій протікає постійний електричний струм створюючи магнітний потік.

Сталева полюсна система, що обертається на валу разом з обмоткою збудження призначена для підведення цього магнітного потоку до котушок в яких виробляється змінна напруга. Вони розташовані нерухомо в пазах сталевих конструкцій і утворюють статор генератора.

#### 3.2 Конструктивне виконання генераторів змінного струму

Генератор змінного струму (рис. 3.1) складається зі статора та ротора. *Статор* (рис. 3.1, а) виготовляють у вигляді кільця з окремих сталевих пластин, ізольованих одна від одної лаком. На його внутрішній поверхні є обмотка 16, яку розподілено на три фази, розташовані під кутом  $120^\circ$  одна відносно одної. Кожна фаза намотана з шести котушок. Котушки однієї фази з'єднані між собою послідовно, а групи котушок - "зіркою", тобто одні кінці трьох груп з'єднані між собою, а інші - виводяться назовні.

*Ротор* складається з вала 5 (рис. 3.1, б), обмотки збудження 14 і шести пар полюсів 12 та 17, що створюють магнітне поле. На валу ротора встановлено два контактних кільця 3, через які в обмотку збудження подається струм. По контактних кільцях ковзають щітки 9. Ротор обертається в кулькових підшипниках, установлених у кришках 1 і 13 статора. В середині задньої кришки 1 генератора вміщено випростувальний блок 2, що складається з шести кремнієвих діодів.

Працює генератор так. Після вмикання запалювання струм від акумуляторної батареї надходить в обмотку збудження, встановлену на роторі генератора. Під час обертання ротора його магнітний потік перетинає витки обмоток статора, й у них індукується змінний струм, який потім випростовується й подається у зовнішнє коло. Коли напруга, яку виробляє генератор,



### Лекція 3 – Генератори

перевищуватиме напругу акумуляторної батареї, струм від генератора піде на заряджання батареї та живлення інших споживачів системи електрообладнання. В обмотку збудження генератора в цей час струм також надходить від генератора, а не від акумуляторної батареї.

Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигуна і поєднаного з ним ротора напруга генератора зростає й може досягти значення, небезпечного для нормальної роботи всіх приладів електроустаткування.

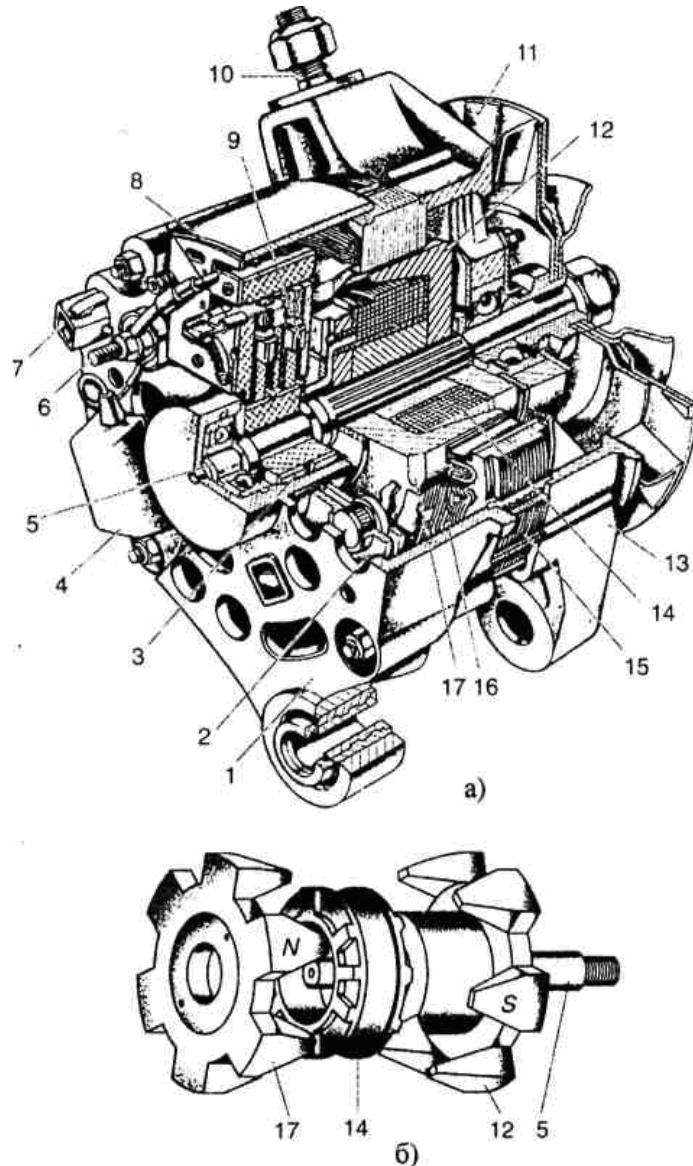


Рис. 3.1 - Генератор змінного струму:

*а - загальний вигляд; б - деталі ротора:*

1 - кришка; 2 - випростовувальний блок; 3 - контактні кільця; 4 - конденсатор; 5 - вал ротора; 6 - вивід "ЗО" генератора (+); 7 - штекер нульового проводу; 8 - інтегральний РН; 9 - щітки; 10- шпилька; 11 - шків вентилятора; 12 - полюс (S); 13 - передня кришка; 14 - обмотка збудження ротора; 15 - статор; 16 - обмотка статора; 17 - полюс (N)

Для стабілізації напруги генератора в певних межах у кришку генератора з боку контактних кілець вбудовано інтегральний нерозбірний регулятор напруги (наприклад, на автомобілях ВАЗ). Всі елементи регулятора змонтовано на металевій основі, залито герметиком і закрито кришкою. Для з'єднання з генератором регулятор має два виводи - "В" та "Ш" у вигляді жорстких пластин. Мінусовий затискач виведено через корпус регулятора



на масу генератора. Конструкція щіткотримача й кришки така, що обидві щітки генератора ізольовано від маси.

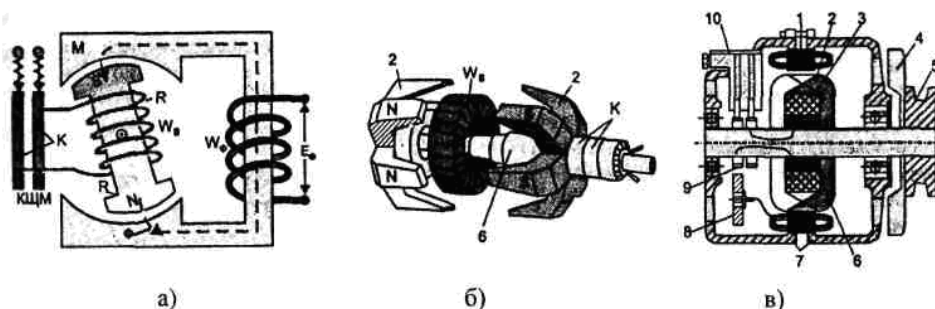
У разі збільшення частоти обертання ротора до моменту, коли напруга генератора перевищить 13.5-14.5 В, регулятор напруги припиняє надходження струму в обмотку збудження ротора. Внаслідок цього напруга генератора спадає, регулятор знову пропускає струм в обмотку збудження, напруга генератора зростає, і процес повторяється періодично. Завдяки великій частоті перебігу цього процесу напруга генератора залишається практично постійною в межах 13.5-14.5 В.

На автомобілях ЗАЗ-968 і ГАЗ-24 регулятори напруги встановлюються окремо від генераторів (на автомобілі ЗАЗ-968 регулятор вібраційного типу, а на ГАЗ-24 - транзисторний). Принцип дії обох регуляторів однаковий. Коли частота обертання колінчастого вала двигуна така, що напруга генератора нижча від 14-15 В, струм в обмотку збудження надходить, минаючи додатковий резистор (опір). Коли напруга генератора підвищиться до 14-15 В, резистор вмикається в коло обмотки збудження, внаслідок чого її опір збільшується, зменшується сила струму в ній і створюване ним магнітне поле. Як наслідок, знижується напруга генератора, додатковий резистор вимикається, після чого процес повторяється.

Отже, завдяки періодичній комутації додаткового резистора в колі обмотки збудження напруга генератора підтримується постійною в заданих межах незалежно від частоти обертання колінчастого вала двигуна. Вона визначається співвідношенням часу замкненого й розімкненого станів контактів регулятора напруги (вібраційний регулятор) або відкритого й закритого станів транзистора (транзисторний регулятор).

### 3.3 Генератори з додатковими випрямлячами

Схема генератора змінного струму з контактними кільцями на роторі, до яких під'єднана обмотка збудження  $W_3$ , показана рис. 3.2, а, б, а його спрощена конструкція - на рис. 3.2, в. На цьому рисунку позначено: 1 - магнітопровід статора з фазними обмотками; 2 - дзюбоподібні постійні магніти ротора; 3 - обмотка збудження  $w_3$ ; 4 - вентиляційні лопаті; 5 - привідний шків; 6 - магнітопровід ротора; 7 - кришки корпуса; 8 - вмонтований випростувач; 9 - контактні кільця; 10 - щіткотримач. Схема трифазного випростувача для з'єднання обмоток статора "зіркою" і з додатковими діодами показана на рис. 3.3.



**Рис. 3.2 – Генератор змінного струму (автомобілів ВАЗ):**

- а) функціональна схема генератора;
- б) ротор з обмоткою збудження;
- в) спрощена конструкція генератора.

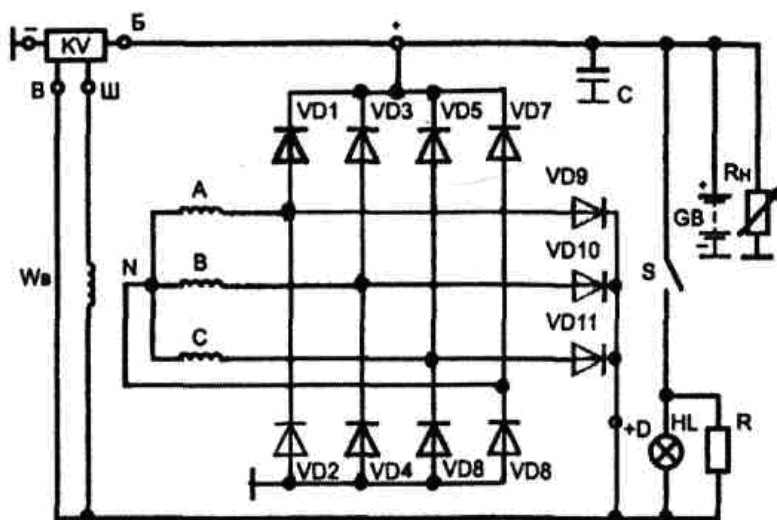


Рис. 3.3 – Схема трифазного випростовувача для з'єднання обмоток статора "зірочкою"

В таких генераторах для живлення обмотки збудження застосовують окрему групу з трьох додаткових діодів VD9, VD10, VD11 малої потужності. Це є захист від розряджання АКБ струмом обмотки збудження, якщо ввімкнено запалювання, але ДВЗ не працює. До цієї групи під'єднана контрольна лампа генератора HL.

Енергія третіх гармонік синусоїдних фазних напруг може бути використана і додана до загальної потужності генератора, якщо ввімкнути між нулем "зірки" і виводами (+) і (-) два додаткових силових діоди VD7 і VD8 (рис. 3.3).

Потужність генератора збільшиться на 12-15 %. У сучасних автомобільних генераторах великої потужності ( $> 0.9$  кВт) найчастіше застосовують схему вмикання обмоток статора "трикутником". В цьому випадку струм у фазній обмотці статора є в  $\sqrt{3}$  раз меншим від струму навантаження генератора. Також спрощується схема вмикання контрольної лампи генератора.

### 3.4 Принцип дії безконтактних індукторних генераторів змінного струму

Крім перерахованих, є генератори змінного струму *індукторного* типу, в яких ротор конструктивно виконаний з магнітом'якої пасивної феромаси (спресований набір тонких пластин з трансформаторного заліза), а обмотка збудження вставлена разом з фазною обмоткою на статорі. Індукторний генератор являє собою безконтактну, однойменно-полюсну електричну машину змінного струму з електромагнітним збудженням. Сталева зірочка ротора 4 (рис. 3.4) обертається разом з валом 3, що проходить усередині рухомої втулки 2. На втулці закріплена обмотка 1 збудження, а на зубцях статора - обмотка 7 статора. Під час проходження постійного струму через обмотку збудження в магнітопроводі генератора виникає магнітний потік, силові лінії якого на рис. 3.4 показані штриховою лінією. Магнітний потік замикається через повітряний проміжок між втулкою і валом 3, через зірочку ротора 4, робочий зазор між ротором і статором, пакет статора, кришку 6 з боку котушки збудження і фланець втулки 2.

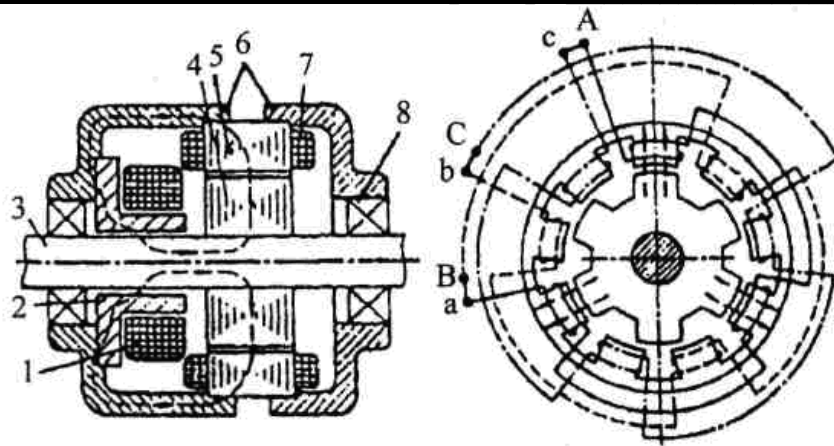


Рис.3.4 – Генератор індукторного типу

Усі зубці зірки мають одну полярність. Зміна магнітного потоку виникає внаслідок зміни магнітної провідності повітряного зазору під зубцями статора. Потік у зубці статора досягає максимального значення  $\Phi_{\max}$  (рис. 3.5), коли осі зубців ротора і статора збігаються, і зменшується до мінімального значення  $\Phi_{\min}$  після повороту на  $180^\circ$ , коли вісь зубця статора збігається з віссю западини зірочки ротора. Отже, магнітний потік у зубцях статора є пульсуючим, тобто змінюється тільки за величиною без зміни напрямку.

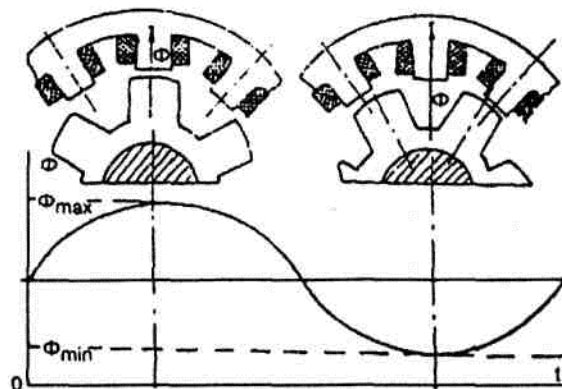


Рис 3.5 - Зміна магнітного потоку в зубці статора

Для більш інтенсивної зміни магнітного потоку і, отже, підвищення потужності генератора, у западинах зірочки ротора закріплюють постійні магніти. У трифазних індукторних генераторах на статорі є 9 зубців з обмотками, а в п'ятифазних - 10.

Магнітний потік індукторного генератора має постійну і змінну складові. Постійна складова в наведенні ЕРС у котушках статора не бере участі і погіршує використання матеріалів генератора. ЕРС у котушках наводить тільки змінна складова магнітного потоку. Величина індукованої ЕРС залежить від амплітуди магнітного потоку, кількості витків обмотки статора і швидкості обертання ротора. Чим більша кількість витків, тим за меншої частоти обертання ротора можна одержати необхідну напругу. Як правило, зірочка ротора має шість зубців і частота змінної напруги визначається з виразу  $f = 3\omega/\pi$ .

Фази обмотки статора з'єднують у багатопроменеву "зірку" чи "многокутник". У трифазному генераторі є три групи котушок, початки і кінці яких умовно позначені буквами А, В, С і а, в, с, розташовані на сусідніх зубцях статора в такий спосіб, що наведені в них ЕРС зміщені на  $120^\circ$ .

### Лекція 3 – Генератори

Отже, робота індукторного генератора побудована на періодичному перериванні постійного магнітного потоку статора, що досягається періодичною зміною величини повітряного зазору між статором і ротором під час обертання ротора. Отже, магнітний потік статора змінюється з частотою, пропорційною до частоти обертання ротора. Індукторні генератори за такими параметрами, як ККД, маса і габарити поступаються перед генераторами з контактними кільцями. Однак без-щіткові вентильні генератори індукторного типу є більш довговічними і простішими в експлуатації, ніж генератори постійного чи змінного струму зі щітковим контактом.

Генератори на потужність, більшу, ніж 700 Вт, виконуються з п'ятифазною або семифазною обмоткою статора, де фазні секції статора з'єднані у "многокутник".

Схема п'ятифазного генератора показана на рис 3.6. На цьому рисунку позначено: 1, 4, 2, 5, 3 - нумерація фазних секцій; a, b, c, d, e - виводи фаз; VD1 -VD10 - силові діоди (20 А); VD11 - VD15 - допоміжні діоди (2А);  $R_n$  - навантаження генератора. П'ять фазних секцій статора з'єднані в "п'ятикутник" з послідовністю вмикання 1-4-2-5-3-1. За п'ятифазного з'єднання в статорі наводяться п'ять міжфазних напруг:  $U_{ac}$ ,  $U_{ce}$ ,  $U_{eb}$ ,  $U_{bd}$ ,  $U_{da}$ . Фазні напруги стають меншими від міжфазних, падає потужність і ККД генератора. Для уникнення цього підбирають такий порядок з'єднання котушок, щоб кут зсуву фаз між напругами, які подаються на випростувач, був близьким до  $120^\circ$ . Отримаємо систему п'ятифазних пульсуючих напруг, за формою близьких до синусоїд:

$$\begin{aligned}U_1 &= U_{ea} \sin(\omega t); \\U_3 &= U_{ab} \sin(\omega t - 108^\circ); \\U_5 &= U_{bc} \sin(\omega t - 216^\circ); \\U_2 &= U_{cd} \sin(\omega t - 324^\circ); \\U_4 &= U_{de} \sin(\omega t - 432^\circ).\end{aligned}$$

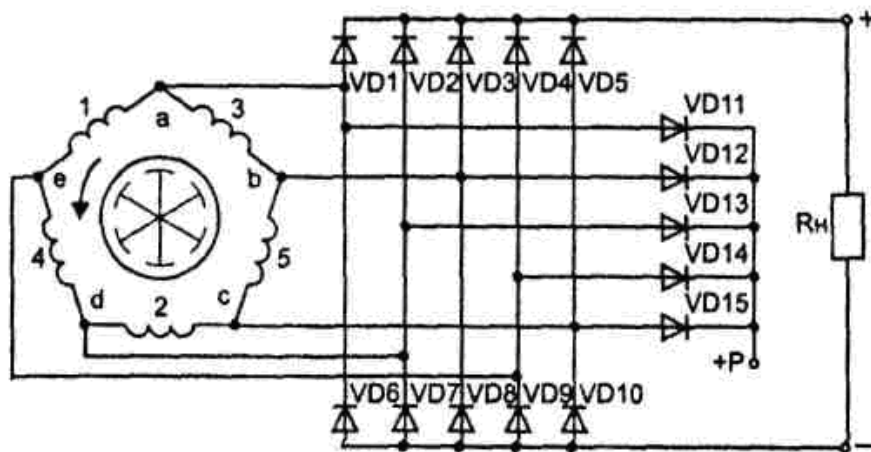


Рис. 3.6 – Електрична схема п'ятифазного генератора

#### Контрольні питання:

1. Для чого використовується генератор на автомобілі?
2. З яких елементів складається генератор змінного струму класичного типу?
3. З яких елементів складається генератор змінного струму індукторного типу?
4. Який принцип роботи генератора змінного струму класичного типу?
5. Який принцип роботи генератора змінного струму індукторного типу?

## Тема 4 Регулятори напруги автомобільних генераторів

### 4.1 Вібраційні регулятори напруги

### 4.2 Безконтактні регулятори напруги

### 4.3 Інтегральні регулятори напруги

### 4.4 Несправності регуляторів напруги. Обслуговування регуляторів напруги. Регулювання регуляторів напруги

#### 4.1 Вібраційні регулятори напруги

З метою стабілізації напруги генератора потрібно регулювати значення струму в обмотці збудження  $W_3$  (переважно зменшувати його максимальне значення  $I_{3\max} = U_{\Gamma}/R_3$ ), що може бути здійснено декількома способами (рис. 4.1):

- під'єднанням до обмотки збудження  $W_3$  паралельно (а) або послідовно (б) додаткового опору  $R_a$ ;
- закорочуванням обмотки збудження (в);
- розмиканням (знеструмленням) обмотки збудження (г).

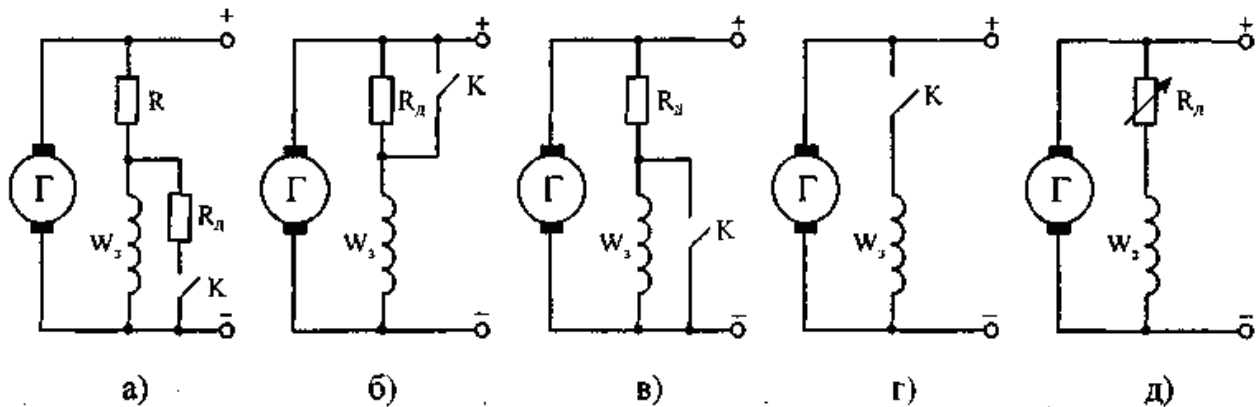


Рис. 4.1 – Способи керування струмом збудження генератора

Перераховані способи дають ступеневе (дискретне) регулювання струму збудження. У варіанті д) можна плавно змінювати величину додаткового опору  $R_a$ .

За допомогою сучасних регуляторів напруги РН магнітний потік  $\Phi$  змінюється періодичним перериванням або стрибкоподібним зменшенням струму збудження з керованою частотою переривання, тобто застосовують дискретно-імпульсне регулювання напруги генератора. Функціональна схема генераторної установки разом з АКБ показана на рис. 4.2, а, електрична схема установки -нарис. 4.2, б.

На схемі:  $W_{\phi}$  - фазні обмотки на статорі СТ генератора, ротор R, ви-простувач ВП на напівпровідникових діодах VD, обмотка збудження  $W_3$  з опором  $R_3$ . ВРН виконаний на електромагнітному реле і складається з комутуючого елемента КЕ і вимірювального елемента ВМ.



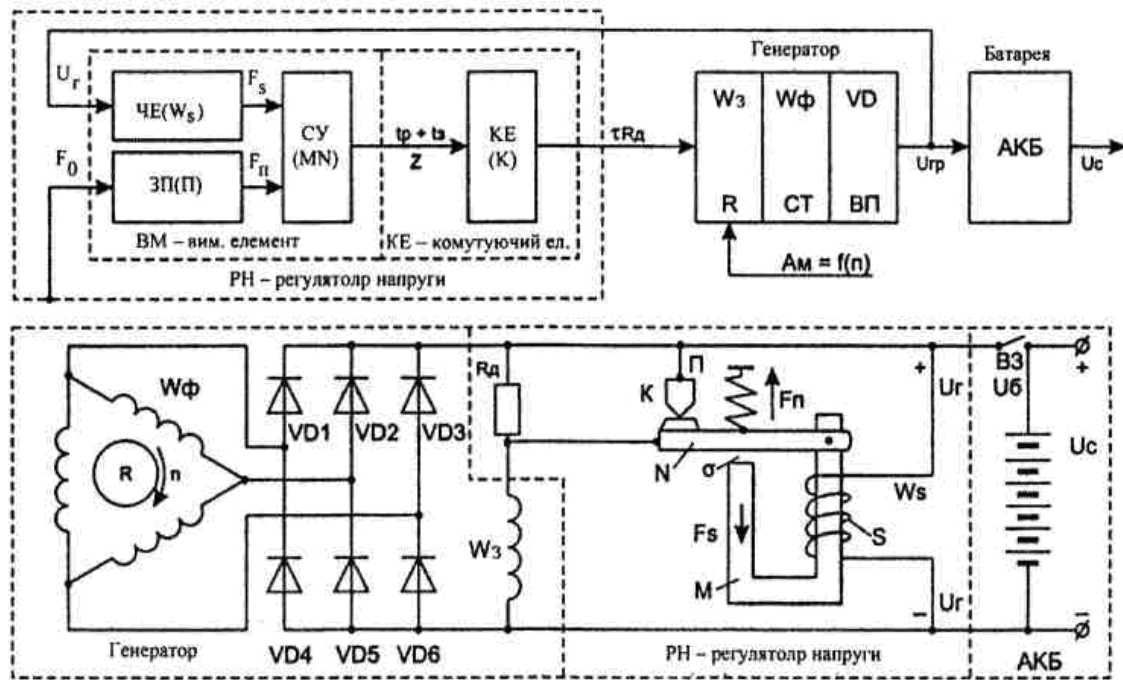


Рис. 4.2 – Функціональна і електрична схеми генераторної установки з вібраційним регулятором напруги ВРН

Комутуючий елемент КЕ (контакт реле К) періодично шунтує додатковий опір  $R_d$ , який увімкнено послідовно з обмоткою  $W_3$ . Вимірювальний елемент ВМ реалізує три функції:

1) порівняння механічної сили  $F_n$  пружини якоря N з магніторухливою силою  $F_s$  обмотки реле  $W_s$ ; формується період  $T = t_p + t_z$  коливань якоря реле;

2) чутливого елемента ЧЕ в колі зворотного зв'язку ВРН - обмотки реле  $W_s$ , підключеної на напругу генератора і АКБ;

3) задаючого пристрою ЗП за величиною сили  $F_n$  і опорної сили  $F_0$ . Якщо напруга генератора менша від напруги АКБ, електромагнітне реле не спрацьовує, контакт К замкнений. Зі збільшенням обертів ДВЗ напруга генератора збільшується, що призводить до втягування реле ( $F_s > F_n$ ) і розмикання контакту К (в коло обмотки збудження вмикається додатковий опір  $R_d$ ). Струм збудження зменшується до свого мінімального значення і одночасно зменшується напруга генератора. В момент реле відпускає якор, контакт К замикається, напруга генератора є мінімальною, але дещо більшою від напруги АКБ. З ростом напруги генератора комутаційний процес повториться. Таким чином, якор реле входить в режим автоколивань, а контакт К в режимі вібрації періодично комутує коло збудження генератора, підтримуючи напругу генератора постійною. Ця напруга визначається середнім значенням струму збудження. Електромагнітна інерційність кола збудження не дає можливості змінюватися струму збудження у вказаних межах під час комутації, оскільки частота вібрацій контакту К є висока (рис. 4.3, б). Зі значним збільшенням обертів ДВЗ середнє значення струму збудження зменшується, оскільки збільшується середньоарифметична величина сумарного, пульсуючого в часі опору  $R_3$  кола збудження (рис. 4.3, в).

Зі збільшенням навантаження генератора напруга спочатку зменшується, і регулятор напруги збільшує струм збудження настільки, що напруга генератора знову підвищується до попереднього значення. Зі зміною струму навантаження процеси регулювання у ВРН проходять так само, як і зі зміною частоти обертання ротора (див. (4.4)).

Постійне середнє значення напруги генератора визначається не режимом його роботи, а

## Лекція 4 — Регулятори напруги автомобільних генераторів

конструктивними параметрами реле: кількістю витків  $W_s$  обмотки реле, її опором  $R_s$ , величиною зазору між якорем  $N$  і ярмом  $M$ , а також силою  $F_n$ .

**Пульсації регульованої напруги.** Пульсації напруги на всіх частотах обертання ротора практично однакові. Однак швидкість наростання і спадання напруги генератора в інтервалах регулювання визначається швидкістю наростання і спадання струму збудження, тобто частотою обертання ротора генератора. За умови  $p = \text{const}$  і  $\omega_0 = \text{const}$  частота вібрацій контакту  $K$  стала. Напруга генератора пульсує з амплітудою  $\Delta U = 0.5(U_{\max} - U_{\min})$  навколо свого середнього значення (рис. 4.3, а). Зі збільшенням частоти обертання ротора ( $\omega_0$ ) або зменшенням навантаження ( $P$ ) час замкненого стану контакту  $t_z$  стає меншим від розімкнутого стану  $t_p$ , а це означає, що середнє значення струму збудження падає. Пульсації струму збудження також зменшуються (рис. 4.3, б), напруга генератора залишається в попередніх межах регулювання з такими самими пульсаціями (рис. 4.3, а). І навпаки, для  $\omega_0$  і  $P$  середнє значення струму збудження і його пульсації будуть зростати. Характер форми напруги залишиться таким самим.

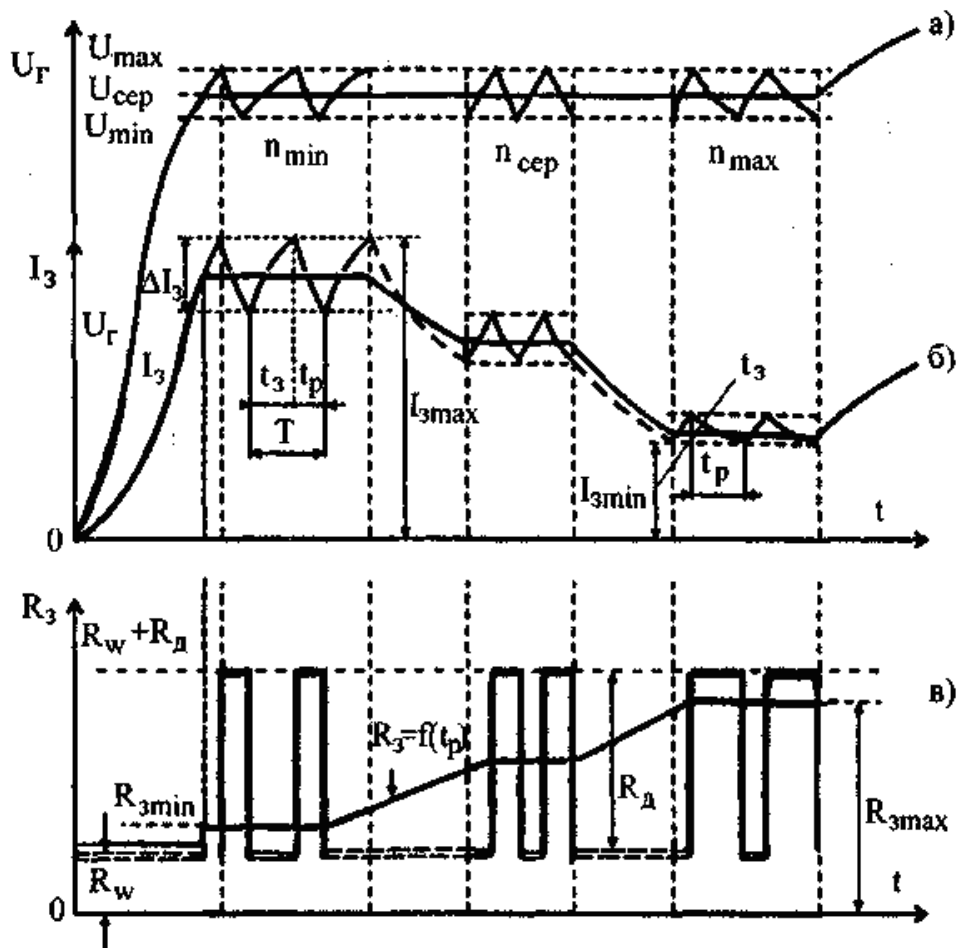


Рис. 4.3 – Характеристики генератора  $U_g(t)$ ,  $R_g(t)$  на різних обертах ДВЗ

**До недоліків ВРН необхідно віднести:**

- як механічний вібратор - ненадійний;
- підгоряння контакту  $K$  зменшує час функціонування;
- параметри ВРН залежать від температури;
- низька чутливість до зміни вихідної напруги генератора і обмежена верхня межа роботи регулятора;

## Лекція 4 — Регулятори напруги автомобільних генераторів

- обмежене значення комутуючого струму (2-3 А).

**Вібраційний регулятор напруги РР380** (автомобілі ВАЗ-2101,02,03,06,011).

В генераторі змінного струму функцію реле зворотного струму виконують діоди випростувана, а сила струму генератора вже обмежена, то замість класичного реле-регулятора, що складається з трьох реле (в схемі з генератором постійного струму), застосовано простий регулятор напруги з одним реле (рис. 4.4).

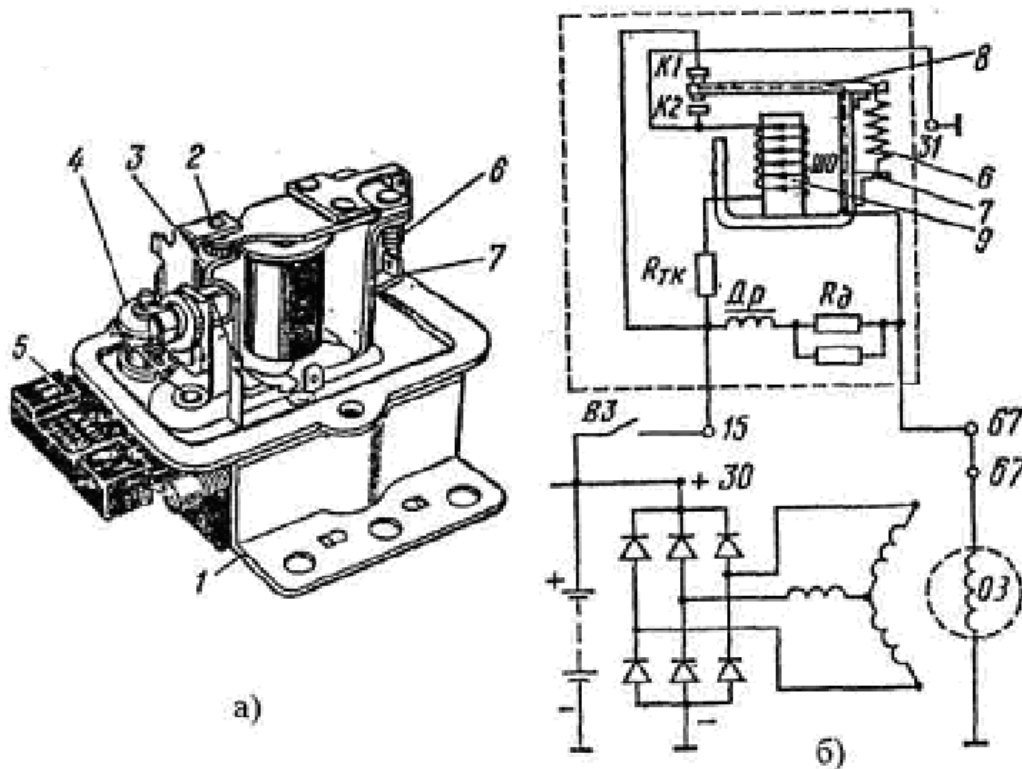


Рис.4.4 - Регулятор напруги РР 380

а - загальний вигляд; б - електрична схема: 1- корпус; 2 - нерухомий контакт першого ступеня регулювання; 3 - нерухомий контакт другого ступеня регулювання; 4 - дросель; 5 - штекерний вивід; 6 - пружина якоря з регулювальною скобою 7

Регулятор напруги РР380 - двоступеневий, має два нерухомі контакти 2 і 3 (K1 і K2), між ними - рухомий (вібруючий) контакт на якорі 8. В нормальному положенні рухомий контакт замкнений з верхнім контактом 2 (K1).

Зі збільшенням обертів вала генератора, а значить, підвищенням напруги, якір притягається до осердя і рухомий контакт відходить від нерухомого контакту 2. В цей момент струм в обмотці збудження обмежується додатковим опором  $R_{тк}$ . Це є перший ступінь регулювання напруги. Значення напруги генератора повинно бути в межах  $(13.5 \pm 14.0)$  В.

З подальшим збільшенням напруги генератора рухомий контакт замикається з нижнім контактом 3 (K2). В цьому випадку обидва кінці обмотки збудження генератора замикаються на "масу". Це другий ступінь регулювання. Тут значення напруги дорівнює  $(14.2 \pm 0.3)$  В.



## **4.2 Безконтактно-транзисторні регулятори напруги**

Безконтактно-транзисторний регулятор напруги РР350 (автомобіль ГАЗ-24).

Регулятор напруги РР350 (рис. 4.5) має корпус 1, усередині якого розміщені монтажна панель 2 з фольгованого гетинаксу і пластина 3 з алюмінієвого сплаву (тепловідведення) для кріплення транзисторів Т1, Т2 і Т3. Регулятор з'єднується з генератором за допомогою закритого штепсельного роз'єму 4, що виключає можливість замикання проводів на корпус.

Регулятор напруги складається з транзисторів Т1, Т2 і Т3, стабілітрона Д1, запираючих діодів Д2 і Д3, гасильного діода Д4, подільника напруги, що складається з резисторів R1, R2, R9, R10, R11, R12, і опору дроселя Др, резистора зворотного зв'язку R8 і резисторів R3, R4, R5, R6 і R7.

З увімкненням системи запалювання вмикач запалювання В3 під'єднує електричні кола регулятора напруги та обмотку збудження генератора до аккумуляторної батареї. Межі регулювання напруги становлять 13.6-14.3 В.

Під час роботи двигуна з малою частотою обертання, коли напруга генератора є меншою від заданої величини, стабілітрон Д1 не пропускає струму, а значить, транзистор Т1 буде закритий, тому що через резистор R3 до емітера транзистора прикладений позитивний потенціал джерела живлення. Завдяки цьому база транзистора Т2 через резистор R7 знаходиться під від'ємним потенціалом стосовно емітера, з'єданого через Д2 і резистор R4 з плюсом джерела струму. При цьому транзистор Т2 відкривається і під дією струму емітер-база і емітер-колектор відкритого транзистора Т2 створюється спадання напруги на резисторі R4, за рахунок чого потенціал бази транзистора Т3 стає значно меншим від потенціалу його емітера. У колі емітер-база транзистора Т3 буде проходити струм і транзистор відкриється. Коло струму бази (струму керування) транзистора Т3: плюс батареї - амперметр - вмикач В3 - діод Д3 - перехід емітер-база транзистора Т3 - діод Д2 - транзистор Т2 - резистори R6 і R7 - мінус батареї.

Через відкритий транзистор Т3 в колі збудження генератора буде проходити струм. Коло струму збудження генератора: плюс батареї - амперметр - вмикач запалювання - діод Д3 - транзистор Т3 - обмотка збудження генератора - корпус - мінус батареї.

Коли напруга генератора буде більшою від ЕРС батареї, обмотка збудження і коло регулятора будуть живитися від генератора. Як тільки напруга генератора досягне регульованої величини, збільшиться сила струму в колі подільника напруги і спадання напруги на резисторах R1 і R2 збільшиться до 7-8 В (напруга стабілізації); стабілітрон Д1 "пробивається", опір його різко зменшується, база транзистора Т1 під'єднується до мінуса генератора і транзистор відкривається. Струм стабілізації стабілітрона є також струмом бази транзистора Т1.

Коло струму через стабілітрон: плюсова клемма генератора - вмикач В3, далі за двома напрямками - резистор R3, також через емітер-базу транзистора Т1 на стабілітрон Д1 - потім через дві паралельні вітки R11 + R<sub>т</sub> і R9, R10 + Др на мінусову клему генератора. Протікання струму стабілізації через стабілітрон не спричиняє його теплового руйнування, тому що потужність, що розсіюється в режимі "пробиття", незначна.

Через відкритий транзистор Т1 (опір його переходів є малий), а далі через резистор R7 буде проходити струм, і на базу транзистора Т2 буде подано додатний потенціал. Транзистор Т2 закриється. Закриття транзистора Т2 супроводжується різким збільшенням опору його переходу емітер-колектор, що викликає зменшення від'ємного потенціалу на базі транзистора Т3, який також швидко закриється.

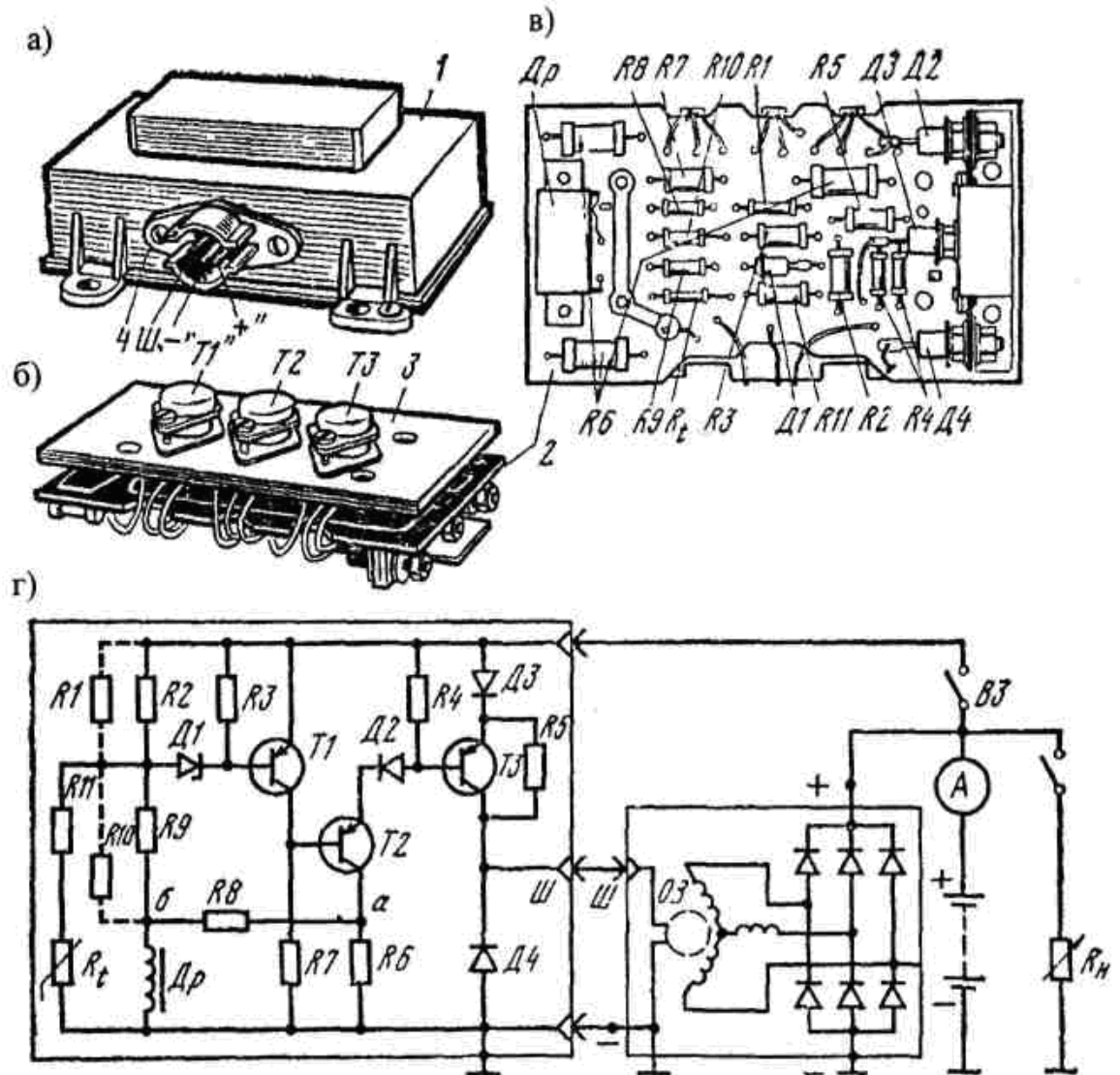


Рис. 4.5 – Безконтактно – транзисторний регулятор напруги PP 350

а-загальний вигляд; б - панель регулятора без корпуса;

в - вигляд панелі регулятора знизу; г - електрична схема регулятора:

Д1 - стабілітрон; Д2, Д3 - запираючий діод; Д4 - гасильний діод контуру;  
 R1, R10 - налагоджувальні резистори; R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R11 -  
 резистори;

R, - терморезистор; Д - дросель; Т1, Т2, Т3 - транзистори; 03 - обмотка збудження генератора; ВЗ - вмикач запалювання; R<sub>н</sub> - опір навантаження

Закриття транзистора Т3 супроводжується значним збільшенням опору його переходу емітер-колектор, ввімкненого послідовно в коло обмотки збудження генератора, і тоді струм в обмотці збудження буде проходити через додатковий резистор R5, що знизить силу струму збудження, а разом з тим зменшиться напруга генератора.

Зі зниженням напруги генератора зменшується сила струму в колі подільника напруги й у колі стабілітрона Д1, а, отже, зменшиться спад напруги на його виводах. Коли напруга на стабілітроні стане меншою від напруги стабілізації, опір стабілітрона різко зросте, відновиться його запираюча дія, і стабілітрон закриється, перериваючи струм бази транзистора Т1. Після закриття стабілітрона Д1, база транзистора Т1 через резистор R3 буде з'єднана з плюсом

## **Лекція 4 — Регулятори напруги автомобільних генераторів**

генератора, тому потенціали бази і емітера транзистора ТІ будуть майже однаковими і транзистор закриється.

Після закриття транзистора ТІ відкриваються транзистори Т2 й Т3, що викликає збільшення струму збудження, і напруга генератора знову зростає.

Як тільки напруга генератора підвищиться до регульованої величини, знову "проб'ється" стабілітрон, відкриється транзистор ТІ й закриються транзистори Т2 і Т3. Цей процес закриття і відкриття транзисторів періодично повторюється з частотою до 300 періодів у секунду, а тому пульсація напруги генератора не буде перевищувати 0.1-0.2 В.

Зі збільшенням частоти обертання ротора генератора сповільнюється спад напруги генератора, що викликає збільшення часу відкритого стану транзистора ТІ і закритого стану транзистора Т3, в результаті чого в колі обмотки збудження генератора на більший проміжок часу вмикається додатковий резистор R5, що знижує силу струму збудження генератора. Внаслідок цього зменшується магнітний потік збудження і напруга генератора підтримується в межах заданої величини.

Інші елементи схеми регулятора напруги виконують різні функції.

Дросель Др, увімкнений у нижнє (на рисунку) плече подільника напруги, використовується для зменшення впливу пульсацій випростованої напруги, що подається на стабілітрон, і недопущення збудження регулятора напруги під час роботи. Пульсація напруги генератора залежить від частоти обертання ротора. Пульсуюча напруга може викликати непотрібне ("помилкове") спрацювання стабілітрона Д1, а за тим - відкривання транзистора ТІ і закривання транзисторів Т2 і Т3, що призведе до зменшення напруги і потужності генератора.

Дросель згладжує пульсації напруги на верхньому плечі подільника в колі резисторів R1 і R2, тобто на виводах стабілітрона, і тому напруга генератора, підведена до стабілітрона, не буде сильно пульсувати. Варто пам'ятати, що з різким збільшенням напруги генератора збільшується сила струму в обмотці дроселя, в якій індукується ЕРС самоіндукції, що діє назустріч ЕРС генератора.

Терморезистор Rt, увімкнений паралельно з дроселем, компенсує зміну опору нижнього плеча подільника напруги в процесі нагрівання обмотки дроселя. Підвищення активного опору обмотки дроселя Др з її нагріванням привело б, за відсутності терморезистора, до підвищення загального опору нижнього плеча подільника напруги, а, отже, до підвищення рівня напруги, що спричиняє "пробиття" стабілітрона, і зростання величини регульованої напруги. Крім того, зростанню рівня регульованої напруги сприяє підвищення напруги стабілізації внаслідок нагрівання корпусу стабілітрона.

Напівпровідниковий терморезистор R, з від'ємним температурним коефіцієнтом, разом з резистором R11 під'єднані паралельно до дроселя Др і резисторів R9, R10 нижнього плеча подільника напруги, внаслідок, чого результуючий активний опір цього плеча подільника з підвищенням температури не тільки не зростає через збільшення активного опору обмотки дроселя, але трохи знижується. Завдяки цьому, рівень регульованої напруги з підвищенням температури зменшується (приблизно на 0.2-0.4 В), що сприятливо впливає на режим заряджання акумуляторної батареї.

Резистори R1 і R10 є налагоджувальними і використовуються для підрегулювання напруги генератора. Для збільшення рівня регульованої напруги необхідно зменшити опір верхнього плеча подільника чи збільшити опір нижнього плеча.

Резистор R3 забезпечує зменшення потенціалу бази (стосовно потенціалу емітера)

транзистора Т1 в момент пробиття стабілітрона Д1.

Резистор R7 є колекторним навантаженням транзистора Т1 і опором бази транзистора Т2, а резистор R6 - колекторним навантаженням транзистора Т2 і опором бази транзистора Т3.

Резистор зворотного зв'язку R8 скорочує час пробиття, а, отже, і час відновлення опору стабілітрона, що прискорює процес переходу транзисторів регулятора напруги з відкритого стану в закритий, і навпаки, та знижує потужність втрат і їх нагрівання.

У відкритому стані транзисторів Т2 і Т3 потенціал виводу "а" резистора R8 є вищий від потенціалу виводу "б", і струм протікає через резистор R8 від "а" до "б", а далі через дросель на "мінус" схеми. У період пробиття стабілітрона Д1 транзистори Т2 і Т3 закриваються, при цьому потенціал "а" резистора R8 буде менший від потенціалу виводу "б", і тоді струм від резистора R9 буде проходити не тільки через обмотку дроселя, але і через резистор R8, що зменшить силу струму в обмотці дроселя. Внаслідок цього знижується спад напруги на дроселі і підвищується спад напруги на іншій частині подільника, а також на виводах резисторів R1 і R2, під'єднаних паралельно до стабілітрона. Отже, спад напруги на стабілітроні зростає, а разом з тим прискорюється його "пробиття" і подальше відкривання транзистора Т1. Слідом за цим прискорюється закривання транзисторів Т2 і Т3.

Під час відновлення опору стабілітрона, в період його запирання, опір кола транзистора Т1 зростає, а опір кіл транзисторів Т2 й Т3 зменшується, що приводить до підвищення потенціалу на виводі "а". Тому додатковий спад напруги на резисторі R2, який був під час пробиття стабілітрона струмом зворотного зв'язку, спочатку знизиться, а потім взагалі пропаде. Струм зворотного зв'язку знову буде протікати від виводу "а" до "б" через дросель, що призведе до підвищення спаду напруги на дроселі і зменшення спаду напруги на резисторі R2, а значить, і на стабілітроні Д1.

Запираючі діоди Д2 й Д3 потрібні для надійного закривання транзисторів Т2 й Т3. Причому опір резистора R4 підібрано так, щоб спад напруги на ньому був більшим, ніж на відкритому транзисторі Т1, і меншим, ніж спад напруги на діоді Д3, що є необхідним для підвищення потенціалів баз транзисторів Т2 й Т3 відносно своїх емітерів для надійного їх закривання.

Гасильний діод Д4 усуває перенапруги на транзисторі Т3 під дією ЕРС самоіндукції обмотки збудження генератора, що наводиться в ній з закриванням транзистора Т3. ЕРС самоіндукції створює струм самоіндукції, який замикається через діод Д4.

### **4.3 Інтегральні регулятори напруги**

Розраховані на силу струму 3.3 і 5 А. Схеми регуляторів досить прості, тому вони мають невеликі розміри. Крім того, вони максимально уніфіковані для напруг 14 і 28 В. Малогабаритні інтегральні регулятори напруги вмонтовуються в генератор, тому в їхніх схемах відсутній захист напівпровідникових елементів.

На рис. 4.6 показана схема *регулятора Я112-В*, вставленого в генератор Г222. У регуляторі вхідний подільник напруги зібраний на резисторах R1, R2 і R3. Елементом порівняння є стабілітрон VD1.

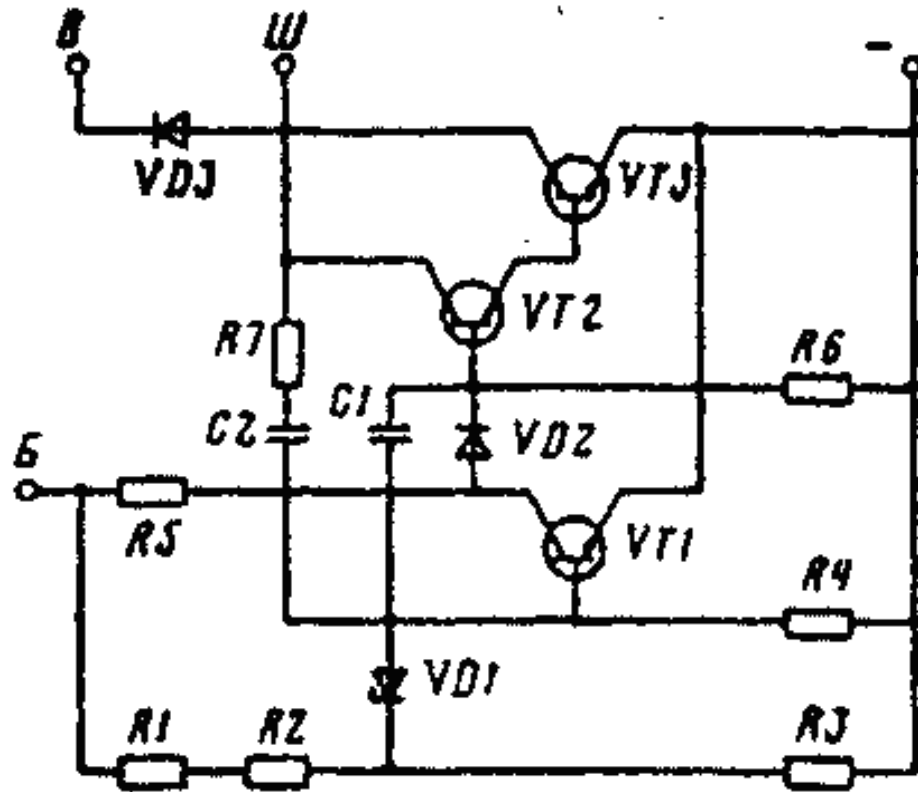


Рис. 4.6 – Схема інтегрального регулятора напруги Я 112-В

У вихідному колі знаходиться складений транзистор VT2, VT3. Надійне запирання складеного транзистора забезпечує діод VD2. Діод VD3 є гасильним..

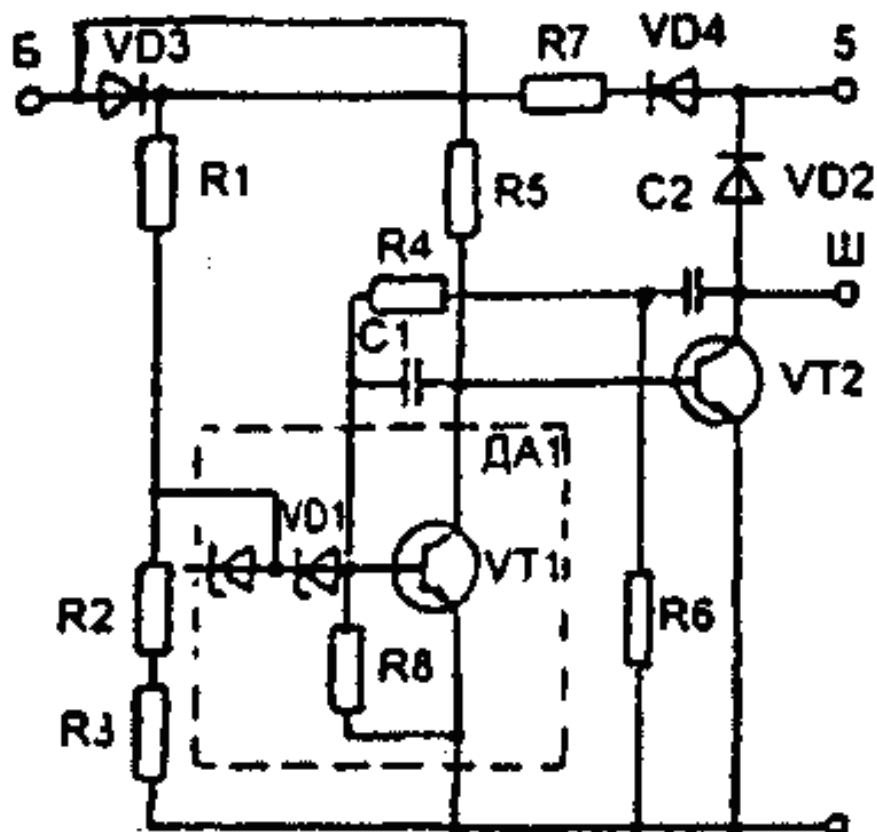


Рис. 4.7- Схема інтегрального регулятора напруги Я 112-В1

## Лекція 4 — Регулятори напруги автомобільних генераторів

Гнучкий зворотний зв'язок здійснює контур C2-R7-C1. Вхідне коло регулятора Я112-В живиться через окремий вивід "Б". Якщо напруга на виводі "Б" відсутня, то відсутній і базовий струм складеного транзистора VT2, VT3. Транзистор закритий і протікання струму в колі обмотки збудження неможливе.

Вхідний подільник напруги регулятора Я112-В1 (рис. 4.7) зібрано на резисторах R1, R2 і R3. Стабілітрон VD1 як елемент порівняння, вхідний транзистор електронного реле VT1 і резистор R8 функціонально визначені і виконані в одному корпусі мікросхеми DA1. У вихідному колі, як і в багатьох типів транзисторних регуляторів, встановлено складений транзистор VT2. Гнучкий зворотний зв'язок здійснює контур C2-R4-C1. VD2 є гасильним діодом. Захист схеми від можливих аварійних режимів забезпечують діоди VD3, VD4

**Інтегральний регулятор Я 120-М** працює з генераторною устаткою Г273 (рис. 4.8). Вимірювальний подільник напруги зібраний на резисторах R1 і R2.

Резистори R1 і R2 є налагоджувальними і підбираються на задану вихідну напругу в процесі виготовлення регулятора. Резистор R8 забезпечує сезонну зміну регульованої напруги генераторної устави. У зимовий період року вмикач S1 на тепловідводі спільного вузла щіткотримача і регулятора напруги на генераторі переводиться в положення "З" (зима). Резистор R8 підключається паралельно до резистора R2 і напруга генераторної устави збільшується на 1,2-2,8 В. Влітку вмикач S1 переводиться у положення "Л".

Регулятор має два послідовно з'єднаних стабілітрони VD1 і VD2, оскільки розрахований на номінальну напругу 28 В. Обидва стабілітрони керують базовим струмом транзистора VT1, який, своєю чергою, керує базовим струмом вихідного складеного транзистора VT2. Гнучкий зворотний зв'язок здійснюється через конденсатор C1, резистор R6 і конденсатор C2. Резистор Rn, вставлений у генератор, визначає величину збудження генератора від акумуляторної батареї. Регулятор має додатковий вивід "D" для підключення до нульової точки обмотки статора генератора.

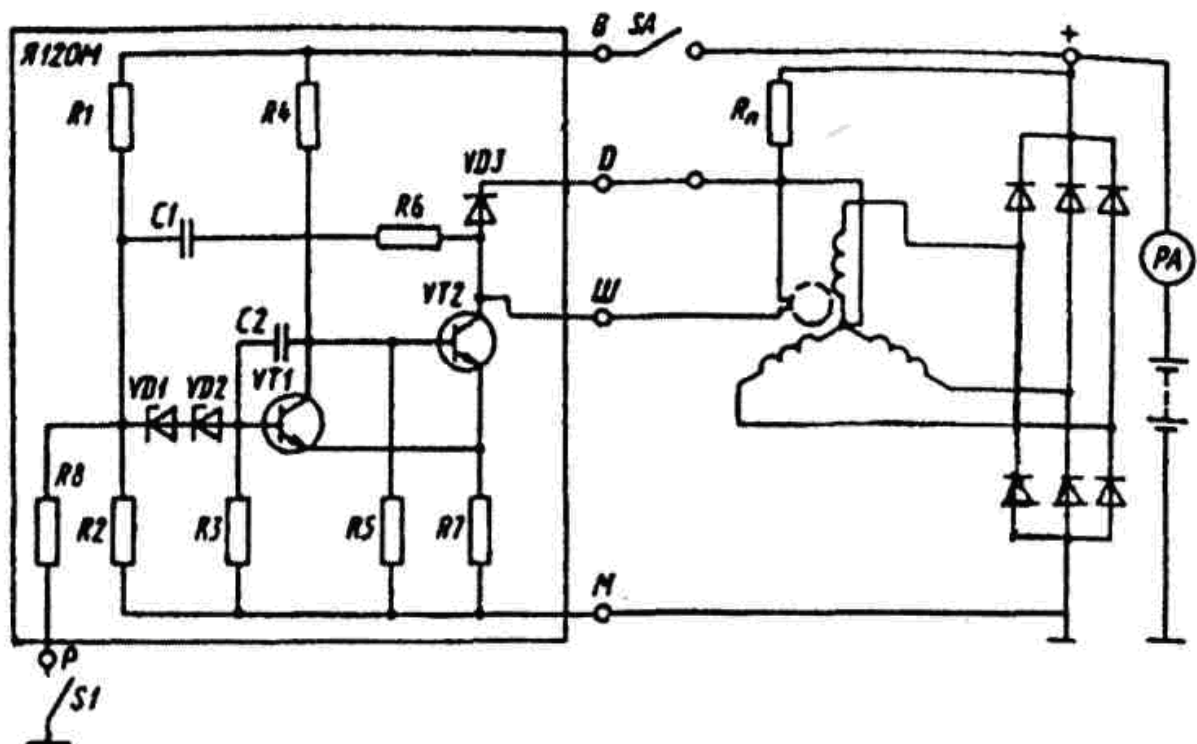


Рис. 4.8 – Схема генераторної устатки Г 273 з інтегральним регулятором напруги Я 120 - М



## Лекція 4 — Регулятори напруги автомобільних генераторів

Регулятор напруги 17.3702 (рис. 4.9) встановлено у щітковий вузол генератора 37.3701. Вхідний подільник зібрано на резисторах R2, R5, R6. Стабілітрон VD1 як елемент порівняння встановлено в емітерному колі транзистора VT1 електронного реле на чотирьох транзисторах VT2, VT3, VT4 і VT5. Вихідні транзистори VT4 і VT5 ввімкнені паралельно, що забезпечує підвищену надійність регулятора і роботу зі струмом збудження до 5 А. Жорсткий зворотний зв'язок забезпечується резистором R8, гнучкий - конденсаторами C1, C2, C3 і резистором R9. Вивід "В" під'єднується до додаткового випростувача, а вивід "Б"-до силового.

Конструкції регуляторів напруги, встановлених поза генератором і з'єднаних з ним за допомогою бортової електромережі, переважно ідентичні. Розрізняють два типи таких регуляторів: з металевим корпусом-кришкою і з пластмасовим корпусом. Як правило, вони виготовлені за блоковим принципом зі змішаним монтажем. Монтаж плати - друкований, внутріблоковий монтаж - об'ємний.

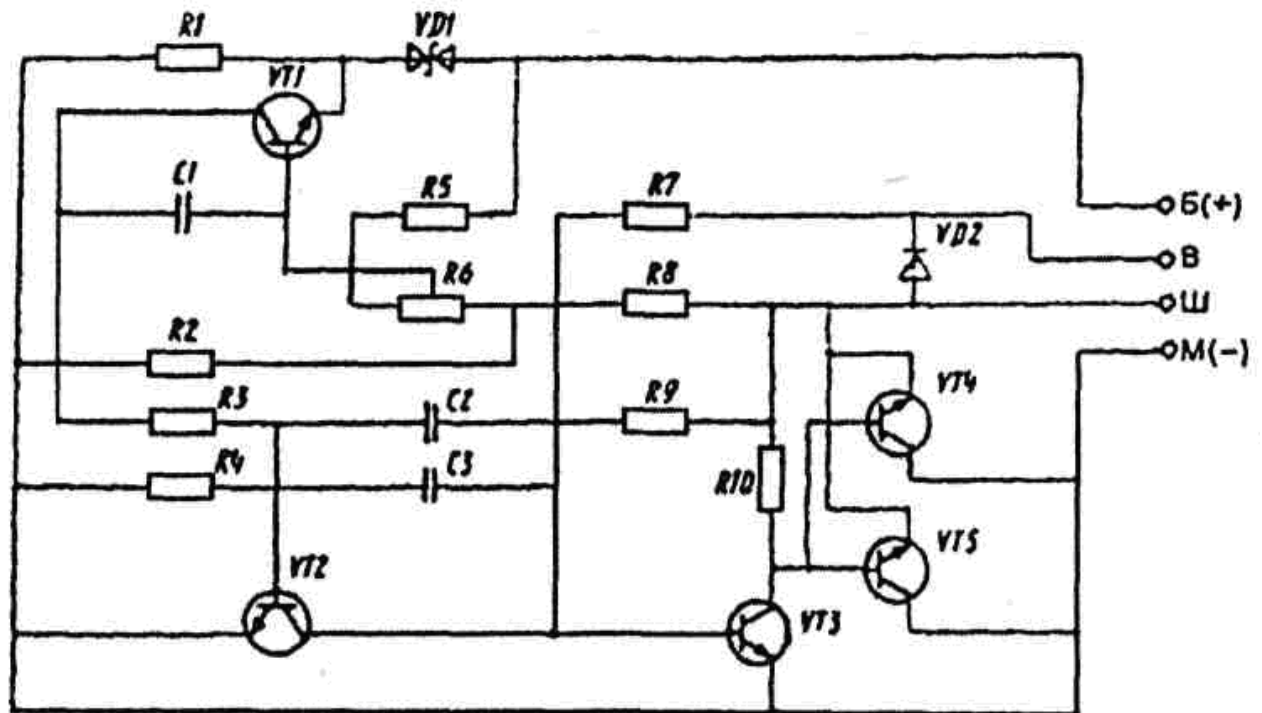


Рис. 4.9 – Схема регулятора напруги 17.3702

Регулятори напруги для встановлення безпосередньо в генератор випускаються в гібридно-інтегральному виконанні, тобто в комбінації плівкових резисторів, виконаних на керамічній пластинці, з мініатюрними дискретними елементами - конденсаторами, діодами, транзисторами. В сучасних електронних регуляторах напруги вся схема може бути розміщена в одному монокристалі кремнію. Такі регулятори, як і гібридно-інтегральні, не можна ні розібрати, ні відремонтувати.

### 4.4 Несправності регуляторів напруги. Обслуговування регуляторів напруги. Регулювання регуляторів напруги

У регуляторах напруги з кремнієвими транзисторами з'єднання затискачів Ш та «+» замикає накоротко обмотку збудження, через неї струм не протікає, генератор не збуджується. Режим небезпечний тим, що призводить до відмови в роботі регулювального транзистора, оскільки його перехід емітер-колектор потрапляє під повну напругу акумуляторної батареї.

## **Лекція 4 — Регулятори напруги автомобільних генераторів**

Струм колектора та потужність, яка виділяється на транзисторі, набувають значень, більших за припустимі, і транзистор, перегріваючись, виходить із ладу.

У випадку короткого замикання затискачів Ш і «-» вихідний транзистор регулятора закорочується, напруга генератора не регулюється і може із збільшенням частоти обертання досягти небезпечного для ламп та інших споживачів значення. Цей режим також небезпечний для напівпровідникових приладів регулятора напруги.

Найпоширеніша несправність - розрегулювання регулятора напруги в бік зменшення регульованої напруги до значення, меншого за ЕРС батареї. Переконалися в цьому можна при короткочасному натисненні на пружину вібраційного регулятора напруги, внаслідок чого виникатиме зарядний струм і без замикання затискачів ВЗ та Ш. Цю несправність усувають регулюванням регулятора за методикою, описаною нижче.

У контактно-транзисторному реле-регуляторі може статися самочинне спрацьовування реле захисту, яке виявляють, знімаючи кришку реле-регулятора, й усувають, трохи збільшуючи натяг пружини реле захисту.

У реле-регуляторі також може статися внутрішнє обривання, яке можна виявити та усунути тільки в електроцеху.

**Перевірка безконтактних транзисторних та інтегральних регуляторів** проводиться також за спеціальними методиками. Справність регуляторів перевіряють, вмикаючи їх до акумуляторної батареї за схемою (рис. 4.10).

Як навантаження кола збудження використовують лампу потужністю 30 Вт. Для цього регулятор, розрахований на робочу напругу 14 В, вмикають спочатку до 6 акумуляторів (12 В), а потім до 8 акумуляторів (16 В) двох послідовно увімкнених батарей, а для регуляторів, розрахованих на 28 В, - спочатку до 12 акумуляторів (24 В), а потім до 16 акумуляторів (32 В). Якщо регулятор напруги справний, то у першому випадку вмикання лампа має горіти, а в другому - не горіти. Якщо лампа горить, або не горить, в обох випадках вмикання, то регулятор несправний.



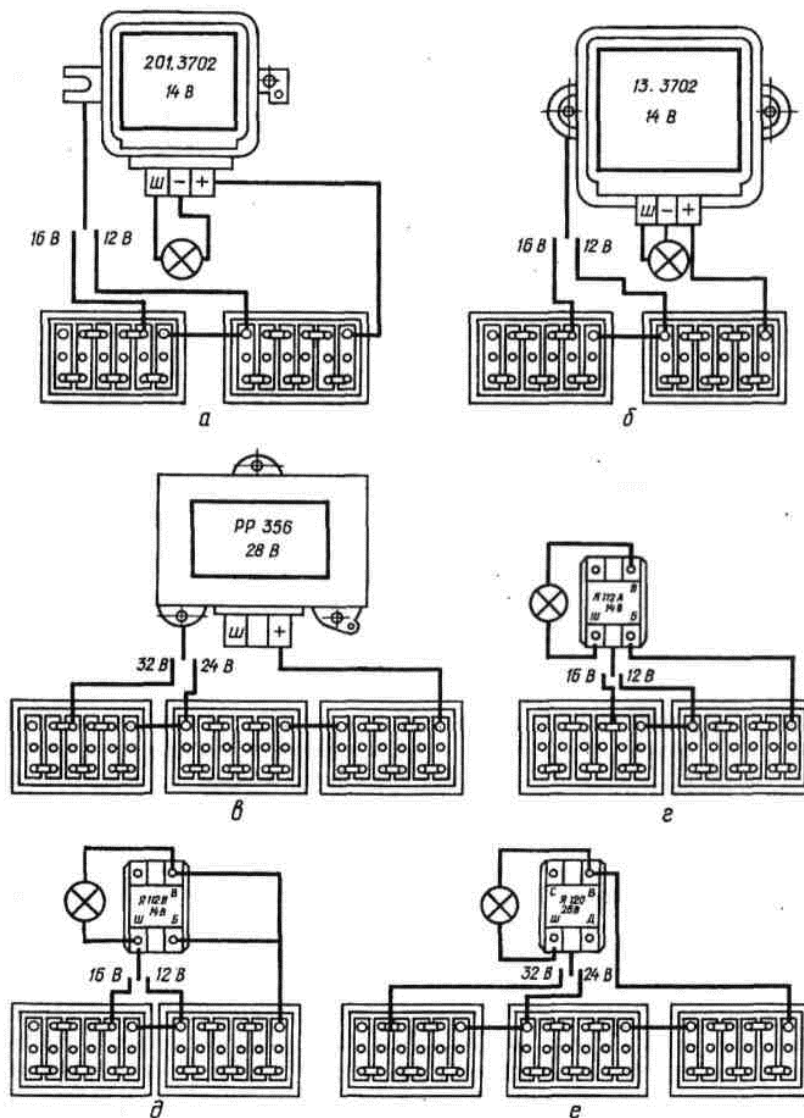


Рис. 4.10 - Схема перевірки працездатності регуляторів напруги

Точніше перевірити регулятор напруги й виміряти регульовану напругу можна за допомогою приладу, який є стабілізованим джерелом напруги з плавним її регулюванням до 35 В (рис. 4.11). Його вмикають до регулятора, далі вмикають схему і, плавно збільшуючи напругу, стежать за контрольною лампою та вольтметром. У момент увімкнення лампи вимірюють напругу, яка й буде напругою спрацювання регулятора. Якщо ця напруга не відповідає технічним умовам, то налагоджують регулятор.

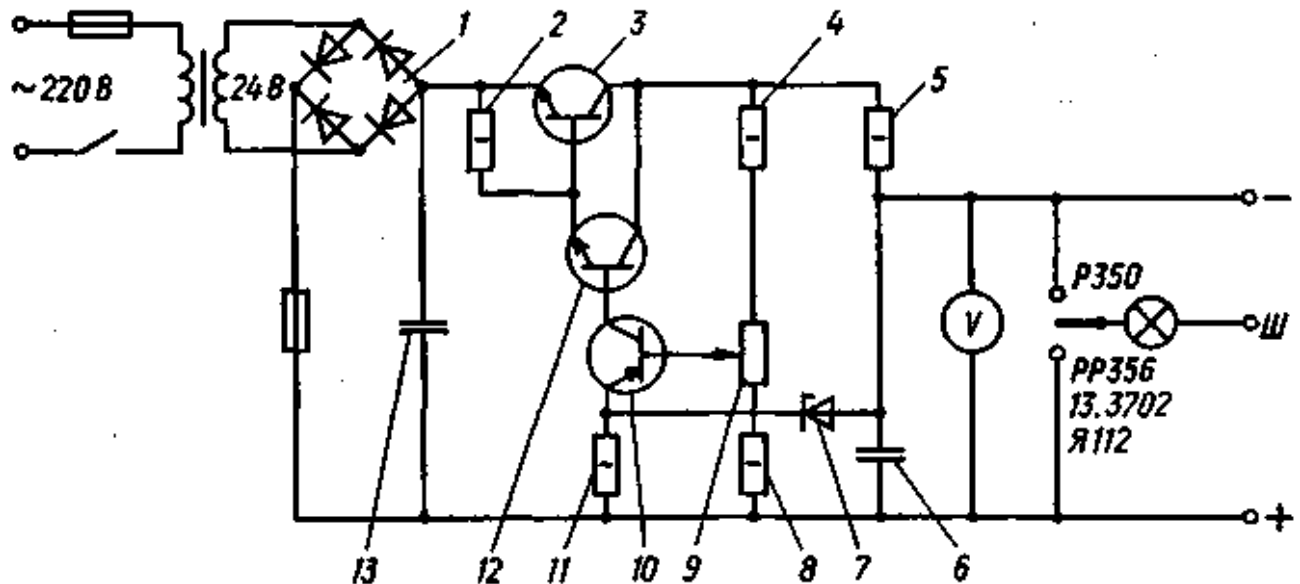


Рис. 4.11 - Схема приладу для перевірки безконтактних регуляторів напруги:  
 1 - випрямний блок; 2 - резистор 4 кОм; 3 - транзистор КТ803;  
 4 - резистор 1,5 кОм; 5 - резистор 0,6 Ом; 6 - конденсатор

Інтегральні регулятори - це прилади нерозбірні й не підлягають регулюванню, а отже, їх замінюють.

У регуляторах серії Я120 передбачено посезонне регулювання для зимового «З» і літнього «Л» режимів заряджання акумуляторної батареї, яке дає змогу змінювати напругу в межах 1-2 В. Якщо гвинт укрутити до упору в корпус (положення «З»), напруга генератора підвищується, а якщо викрутити (положення «Л») - зменшується на 1-2 В.

### Контрольні питання:

1. Для чого використовується регулятор напруги в автомобілі?
2. Який принцип роботи вібраційного регулятора напруги?
3. Який принцип роботи безконтактного регулятора напруги?
4. Назвіть основні несправності регуляторів напруги.
5. Яким чином здійснюється регулювання в регуляторі напруги

**Тема 5 Експлуатація системи електропостачання**

**5.1 Технічні характеристики акумуляторних батарей та генераторних пристроїв.**

**5.2 Експлуатація стартерних акумуляторних батарей**

**5.3 Експлуатація генераторів змінного струму. Технічне обслуговування генераторів змінного струму**

**5.4 Експлуатація і технічне обслуговування регуляторів напруги автомобільних генераторів**

**5.1 Технічні характеристики акумуляторних батарей та генераторних пристроїв.**

**Основні електричні характеристики свинцево-кислотних стартерних акумуляторних батарей:**

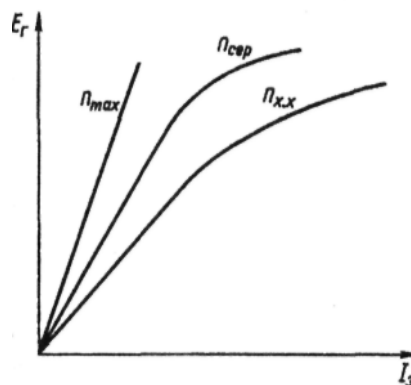
До основних електричних характеристик стартерних акумуляторних батарей належать:

- 1) електродна характеристика - це залежність електрорушійної сили від густини електроліту.
- 2) Розряджувально – заряджувальна характеристика – це залежність параметрів від часу заряджування і розряджування.

**Електричні характеристики генераторів**

Електричні характеристики генераторів змінного струму характеризують їхні якості і становлять залежність будь-якого параметра від іншого, якщо решта незмінні.

Характеристика холостого ходу (рис. 5.1)- це залежність ЕРС генератора від струму збудження  $E = f(I_f, \text{при } n = \text{const}; I_n = 0$ . За цією характеристикою визначається початкова частота обертання ротора генератора, при якій напруга генератора



**Рис 5.1 – Характеристика холостого ходу**

Швидкісна характеристика – це залежність ЕРС генератора від частоти обертання його ротора (рис. 5.2). ЕРС генератора змінюється пропорційно частоті обертання ротора:

$$E_G = c\Phi n, \quad (5.1)$$

де  $c$  - конструктивна стала величина;  $n$  - частота обертання ротора.

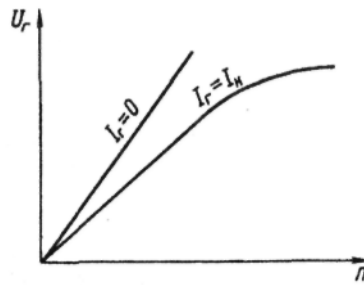


Рис 5.2 – Швидкісна характеристика

Швидкісна регулювальна характеристика- це залежність струму збудження  $I_z$  від частоти обертання ротора - напруга генератора

де  $I_r$ - струм генератора;  $Z$  - повний опір генератора.

$I = f(n)$ , при  $U = \text{const}$  і  $I_{rн} = \text{const}$  (рис. 5.3).

Оскільки автомобільним генераторам надається рух двигунами внутрішнього згоряння, то частота обертання їхніх колінчастих валів змінюється в широкому діапазоні. Швидкісна регулювальна характеристика показує, яким чином потрібно міняти струм збудження генератора, щоб напруга генератора залишалась незмінною при зміні частоти обертання ротора генератора.

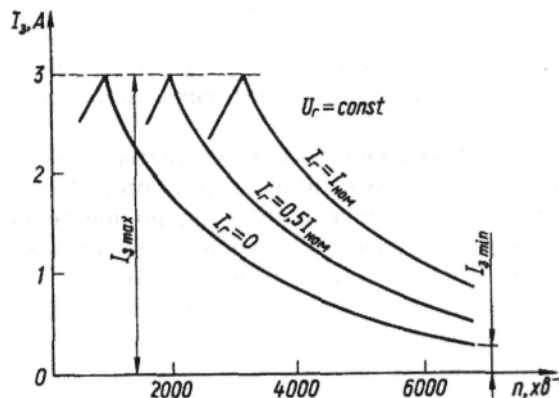
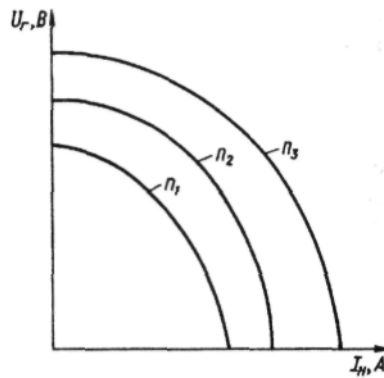


Рис. 5.3 - Швидкісна регулювальна характеристика

Зовнішня характеристика (рис. 5.4) - це залежність напруги генератора від струму навантаження  $U_r = f(I_r)$  при постійній частоті обертання  $n = \text{const}$  і визначеному значенні струму збудження  $I_z$ . Зниження напруги при збільшенні навантаження на генератор відбувається через спад напруги в активному та індуктивному опорі обмоток статора, розмагнічувальної дії реакції якоря, а також внаслідок спаду напруги у випрямному колі:

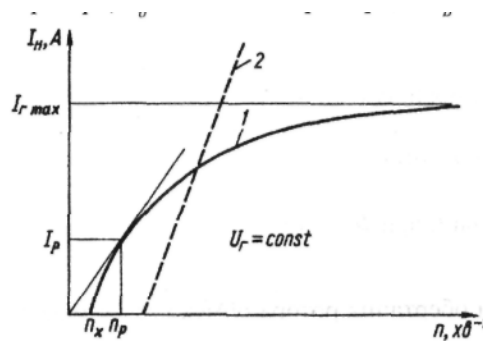
$$U_r = E_r - I_r Z_0 - A U_B, \quad (5.2)$$



**Рис.5.4 - Зовнішня характеристика генератора**

де  $E_r$ - ЕРС генератора;  $I_r$ - струм генератора;  $Z_o$  - повний опір якоря;  $\Delta U_B$  - спад напруги на випрямлячі.

Струмошвидкісна характеристика (рис. 5.5)



**Рис. 5.5 - Струмошвидкісна характеристика генераторів:**

**1 - генератора змінного струму;**

**2 - генератора постійного струму**

Генераторам змінного струму властиві якості самообмеження максимальної сили струму навантаження, що запобігає нагріванню обмотки статора та діодів, а тому виключає потребу встановлення обмежувача струму

Зі збільшенням сили струму навантаження збільшуватиметься магнітний потік статора, а внаслідок протидії магнітному потоку ротора (збудження) результуючий магнітний потік зменшуватиметься, що призводить до зниження ЕРС. Крім того, збільшення частоти обертання ротора супроводжується підвищенням частоти струму в котушках обмотки статора, що сприяє збільшенню індуктивного опору обмотки

$$(x_L = 2\pi fL). \quad (5.3)$$

Струм генератора змінного струму:

$$I_r = E_r / Z_o, \\ Z_o = \sqrt{(R_r + R_n)^2 + x_L^2}, \quad (5.4)$$

де  $Z_o$  - повний опір;  $R_r$  - активний опір генератора;  $R_n$  - опір навантаження;  $x_L$  - індуктивний опір,

$$x_L = 2\pi fL = 2\pi \frac{p}{60} L = C_x n, \quad (5.5)$$

де  $f$  - частота струму;  $p$  - кількість пар полюсів;  $L$  - індуктивність;  $n$  - частота. Тоді обертання ротора

$$I_r = \frac{E_r}{\sqrt{(R_l + R_u)^2 + (C_x n)^2}}. \quad (5.6)$$

За малої частоти обертання індуктивна складова опору  $C_x n$  мала порівняно з активною складовою  $(R_l + R_u)^2$  і нею можна знехтувати. При цьому струм зростатиме пропорційно частоті обертання:

$$I_r = \frac{C_E \Phi \cdot n}{R_l + R_u} = C_n. \quad (5.7)$$

Зі збільшенням частоти обертання індуктивна складова зростає й стає значно більшою, ніж активна складова, якою можна знехтувати. При цьому струм не залежить від частоти обертання:

$$I_r = \frac{C_E \Phi}{C_x} = \text{const, при } \Phi = \text{const}. \quad (5.8)$$

## 5.2 Експлуатація стартерних акумуляторних батарей

Під час експлуатації автомобіля чи трактора акумуляторну батарею очищують від пилу й бруду, а електроліт, наявний на її поверхні, витирають сухою ганчіркою, змоченою 10%-м розчином кальцинованої соди чи нашатирного спирту. Перевіряють надійність кріплення батареї, окислені наконечники й виводи зачищають, знімаючи мінімальний шар металу, бо інакше не можна буде надійно їх з'єднати. Слід також урахувати, що проводи не повинні мати великий натяг, оскільки можуть поламатися виводи чи кришки акумуляторів. Наконечники проводів і виводи батарей доцільно змазувати технічним вазеліном. Під час ТО-1 автомобіля перевіряють і, в разі потреби, доводять до нормального рівня електроліт-10-15 мм вище запобіжного щитка. Рівень електроліту вимірюють скляною трубкою діаметром 5-8 мм, яку занурюють до упору в запобіжний щиток, потім загулюють зверху пальцем і піднімають. Якщо рівень електроліту нижчий від нормального, то в акумулятори доливають дистильовану воду, а коли вищий, то електроліт забирають гумовою гру шею, щоб він не розплескувався під час експлуатації автомобіля.

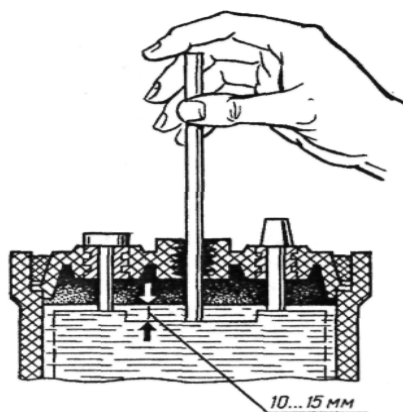


Рис. 5.6 - Схема перевірки рівня електроліту

## Лекція 5 – Експлуатація системи електропостачання

Воду в акумулятори доливають безпосередньо перед запусканням двигуна або під час його роботи, бо інакше вона може замерзнути або може прискоритися саморозрядження через різні густини електроліту у верхній та нижній частинах акумулятора.

Слід пам'ятати, що після доливання води без заряду густину електроліту вимірювати недоцільно, оскільки результати будуть невірні. Не можна доливати в акумулятори електроліт - це може призвести до підвищення його густини. Це роблять тільки тоді, коли він витікає (наприклад, коли батарея перекинулася). По кольору електроліту у вимірювальній трубці можна побачити, наскільки він забруднений. Наприклад, коричневий колір свідчить про обсіпання активної речовини з «плюсових» електродів акумулятора.

Надмірно швидке зниження рівня електроліту є ознакою перезарядження батареї, коли зарядний струм протікає крізь повністю заряджену батарею. Під час перезарядження електроліт вибризкується на її поверхню. Перезарядження шкідливе для батарей, оскільки зменшує термін їхньої служби. А тому, при виникненні перших його ознаках треба перевірити, чи справна генераторна установка.

Під час ТО-2, крім перелічених робіт, додатково перевіряють ступінь зарядженості акумуляторної батареї за густиною електроліту (до доливання води) і працездатність батареї за напругою акумуляторів під навантаженням.

Густину електроліту в кожному акумуляторі вимірюють денсиметром (рис. 5.6) або густиноміром, проте денсиметр має більшу точність. Щоб виміряти густину електроліту, потрібно за допомогою гумової груші набрати його в піпетку кілька разів (щоб видалити з її стінок бульбашки повітря) до спливання. Не виймаючи піпетки з акумулятора і не даючи денсиметрові торкатися її стінок, за нижньою частиною меніска електроліту в ній на шкалі денсиметра знаходять густину електроліту. Припустиме відхилення густини електроліту в акумуляторах однієї батареї - не більш як  $0,01 \text{ г/см}^3$ .

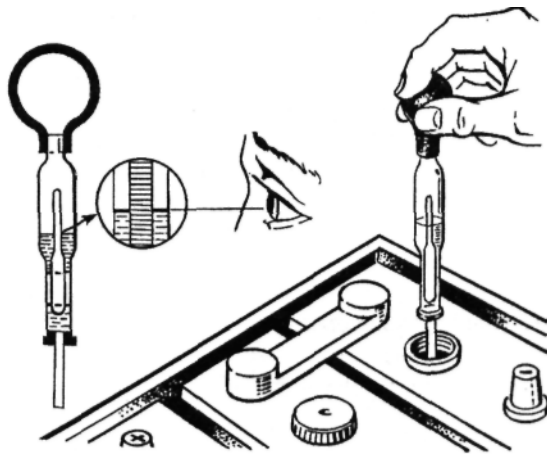


Рис. 5.7 - Схема вимірювання густини електроліту

Якщо воно більше, батарею потрібно зарядити. Здобуті результати слід порівняти з даними в табл. 5.1, урахувавши температурну поправку, якщо вимірювали при температурі, відмінній від  $+25^{\circ}\text{C}$ :

$$y_{25} = y_t + 0,00075(T - 25), \quad (5.9)$$

де  $y_{25}$ ,  $y_t$  - густини електроліту, виміряні відповідно при температурі  $t = +25^{\circ}\text{C}$  і відмінній від неї;  $T$  — температура електроліту,  $^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 5.1 - Густина електроліту в акумуляторних батареях

Кліматична зона і середньомісячна температура повітря в січні, °С	Пора року	Густина електроліту, зведена до +25 °С, г/см <sup>3</sup>	
		заливного	зарядженого
Дуже холодна (від -50 до -30)	Зима	1,29	1,31
	Літо	1,25	1,27
Холодна (від -30 до -15)	Цілий рік	1,27	1,29
Помірна (від -15 до -8)	->-	1,25	1,27
Жарка (від -15 до +4)	->-	1,22	1,24
Тепла волога (від 0 до +4)	->-	1,20	1,22

Ступінь зарядженості визначають за густиною електроліту, %:

$$\Delta C = \frac{\gamma_z - \gamma_{25}}{\gamma_z - \gamma_p} \cdot 100, \quad (5.10)$$

де  $\gamma_z$  - густина електроліту повністю зарядженого (табл. 5.1) акумулятора, г/см<sup>3</sup>;  $\gamma_p = 1,10$  г/см<sup>3</sup>;  $\gamma_{25}$  - виміряна густина, зведена до температури +25 °С, г/см<sup>3</sup>.

Ступінь розрядженості батареї визначають за ступенем розрядженості акумулятора, який має найнижчу густина електроліту. Батареї, які мають ступені розрядженості 25% взимку або 50% влітку, потрібно знімати з автомобіля і заряджати.

Під час перевірки акумуляторної батареї з прихованими міжакумуляторними поперечками під навантаженням пробником Э-107 (рис. 5.8) закручують до упору контактну гайку 1. Потім вістря контактної ніжки щільно притискають до полюсового виводу батареї, а ніжку щупа 2 - до мінусового. Батарею, напруга якої менша за 8,9 В, експлуатувати не можна, її потрібно

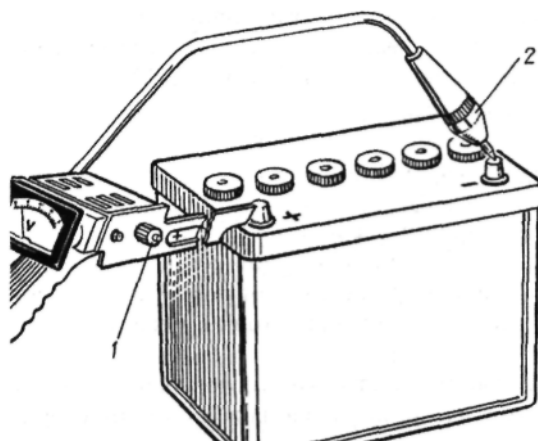


Рис. 5.8 - Вимірювання напруги акумуляторної батареї під навантаженням пробником Э-107



## **Лекція 5 – Експлуатація системи електропостачання**

Акумуляторні батареї, до надання їм робочого стану можуть перебувати на зберіганні. Максимальний термін зберігання батарей у сухому вигляді не повинен перевищувати трьох років.

Робочого стану акумуляторній батареї надають, заливаючи в неї електроліт, який можна приготувати з концентрованої сірчаної кислоти, густиною  $1,83 \text{ г/см}^3$ , і дистильованої води. В табл. 5.1 наведено приблизні витрати води та кислоти для приготування електроліту, густиною  $1,27 \text{ г/см}^3$ , а також технічні характеристики деяких акумуляторів, що випускаються в країнах СНД.

Електроліт готують у такій послідовності: в кислотостійку посудину спочатку наливають необхідний об'єм дистильованої води, а потім поступово невеликим струменем наливають туди відповідний об'єм сірчаної кислоти. Щоб уникнути нещасних випадків, лити воду в кислоту забороняється. Сполучаючись із водою, сірчана кислота виділяє велику кількість теплоти. Якщо лити воду в кислоту, яка має густину в 1,8 рази більшу, ніж вода, то вода розпливається по поверхні кислоти, швидко нагрівається, утворюючи пару, і розбризкується разом із кислотою. Якщо ж вливати у воду кислоту, то кислота занурюється в її товщу, внаслідок чого утворений електроліт віддає теплоту воді й розбризкування не відбувається.

Готуючи електроліт, потрібно перемішувати утворюваний розчин, щоб якнайшвидше вирівняти його густину. Перш ніж заливати в акумуляторну батарею, приготовлений електроліт потрібно охолодити до температури  $25\text{--}30^\circ\text{C}$ . Працюючи з електролітом, неприпустимо використовувати посудини, мірний посуд та інше знаряддя з нестійких до кислот матеріалів (залізо, мідь, алюміній). Рекомендується застосовувати пластмасовий чи керамічний посуд, а скляним користуватися слід обережно, щоб уникнути розбивання й опіків електролітом.

Електроліт у батареї заливають тонким струменем із чашки, яка має носик, за допомогою скляної чи фарфорової лійки, викрутивши перед цим вентиляційні пробки кришок, видаливши герметичну плівку чи виступи вентиляційних отворів пробок.

Електроліт заливають до рівня, який на 10-15 мм вищий від запобіжного щитка. Частина батарей (наприклад, 6СТ-60) мають кришки, які дають змогу заливати електроліт до потрібного рівня без наступного його вимірювання. Поповнюючи такі батареї електролітом, отвори в штуцерах звільняють від герметичних деталей і більш їх не застосовують. Пробки потрібно викрутити та щільно надіти на вентиляційні штуцери. Батареї наповнюють електролітом до верхнього краю заливальної горловини.

Після зняття пробок із штуцерів в акумуляторах установлюється потрібний рівень електроліту. Електроліт, який заливають в акумулятори, повинен мати температуру не менш як  $+15^\circ\text{C}$  у холодній та помірній зонах і  $+30^\circ\text{C}$  - у жаркій та теплій відповідно. Після заливання температура електроліту в батареї трохи підвищується і, коли матиме високе початкове значення, може перейти за неприпустиму межу.

Температура електроліту в батареї повинна не перевищувати  $+45^\circ\text{C}$ . Коли вона буде низька, то ємності акумуляторної батареї може не вистачити для пуску двигуна автомобіля.

Деякі акумуляторні батареї випускають у сухозарядженому виконанні. Необслуговувані батареї надходять в експлуатацію заповнені електролітом і повністю заряджені. Сухозаряджені батареї заливають електролітом, густину якого наведено в табл. 5.1. Якщо батарею зберігали не більш як один рік і з наданням їй робочого стану при температурі не менш як  $+15^\circ\text{C}$ , то в разі термінового введення в експлуатацію її можна установлювати на автомобіль через 20 хв. після наповнення електролітом. У цьому випадку контроль можна й не робити. Проте, коли автомобілі повернуться з рейсу, рекомендується перевірити густину електроліту батарей і в разі потреби

## Лекція 5 – Експлуатація системи електропостачання

зарядити їх і скорегувати густину. Акумуляторні батареї, яким надано робочого стану 20-хвилинним просоченням без підзаряджання, не можна зберігати тривалий час.

Якщо батареї зберігали понад один рік чи з наданням їм робочого стану при температурі батарей та електроліту менш як  $+15^{\circ}\text{C}$ , необхідно не раніше, ніж за 20 хв. і не пізніше, ніж за 2 год. після заливання електроліту виміряти його густину. Якщо густина знижується не більш як на  $0,03 \text{ г/см}^3$  порівняно з густиною заливаного електроліту, то батареї можна приймати в експлуатацію. В іншому разі їх потрібно зарядити.

Батарею вмикають на заряджання, якщо температура електроліту в ній не більша за  $30^{\circ}\text{C}$  у холодній та помірній зонах і  $35^{\circ}\text{C}$  у жаркій та теплій відповідно. Заряджають струмом із силою  $0,1 C_{20}$ .

В деяких випадках, коли треба терміново ввести в дію батарею, яку зберігали при мінусових температурах до  $30^{\circ}\text{C}$ , надати їй робочого стану можна заливанням електроліту з температурою  $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$  і густиною  $1,270 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$ . Вводити в дію таким способом можна батареї тільки у тому випадку, якщо термін їх зберігання не перевищує одного року. Це пов'язано із впливом інгібітора на зберігання сухозарядженої батареї.

Сухозаряджені батареї заливують електролітом із потрібною густиною й через 3 год. ставлять на заряджання, під час якого періодично перевіряють температуру електроліту. Вона не повинна підніматися вище  $45^{\circ}\text{C}$  у холодній та помірній кліматичних зонах і  $50^{\circ}\text{C}$  - у жаркій та теплій відповідно. Якщо ці температури перевищено, зарядний струм зменшується наполовину або переривається тривалість заряджання на час, потрібний для зниження температури до  $30\text{-}35^{\circ}\text{C}$ .

Наприкінці заряджання настає рясне газовиділення в усіх акумуляторах батареї, а напруга й густина електроліту не змінюється після цього протягом 2 год.

Щоб рівень електроліту усталився, батареї повинні простояти ще 30-40 хв. у вимкненому стані, а потім його вимірюють і коригують.

**Методи заряджання акумуляторних батарей.** Під час експлуатації акумуляторні батареї можна заряджати від будь-якого джерела постійного струму за умови, що його напруга буде більшою за напругу заряджуваної акумуляторної батареї. Для заряджання позитивний полюс джерела струму потрібно з'єднати з позитивним полюсом заряджуваної батареї, а негативний - із негативним.

Для будь-якого моменту заряджання силу струму можна визначити за формулою:

$$I = \frac{U_{дж} - U_6}{R}, \quad (5.11)$$

де  $U_{дж}$  - напруга джерела струму, В;  $U_6$  - напруга батареї в момент заряджання, В;  $R$  - загальний опір зарядного кола, Ом.

Із цієї формули випливає, що коли напруги зарядного пристрою і батареї однакові, то зарядний струм дорівнюватиме нулю. Коли напруга батареї менша, ніж напруга зарядного пристрою, зарядний струм більший від нуля; в іншому разі, тобто коли напруга батареї більша за напругу зарядного пристрою, струм змінює напрям і батарея розряджається.

Залежно від системи регулювання процес заряджання можна здійснити різними методами. У випадку заряджання при постійному струмі батареї з однаковою ємністю з'єднують послідовно в групи (рис. 5.9, а). Кожну з них вмикають до зарядної мережі. Оскільки під час заряджання ЕРС батареї зростає, то для підтримки сталості зарядного струму потрібно збільшувати напругу

на затискачах батареї. Цього досягають, вмикаючи в кожну групу послідовно регульовальний реостат, або змінюючи напругу.

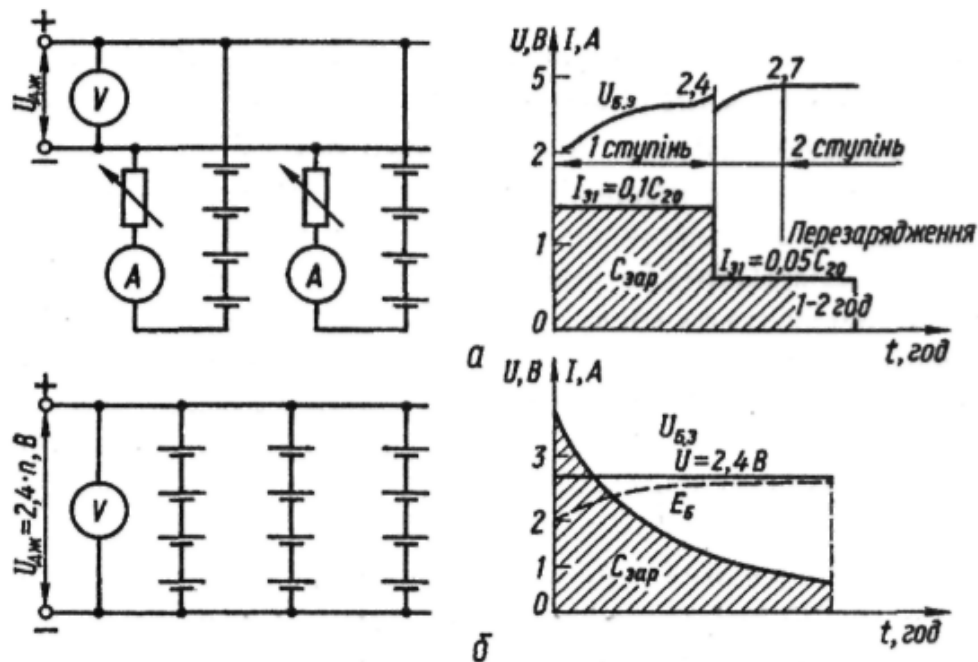


Рис. 5.9 - Методи заряджання акумуляторних батарей за постійних струму (а) та напруги (б)

Опір реостата:

$$R = (U_{дж} - 2,7n) / I_z, \quad (5.12)$$

де  $n$  - кількість послідовно увімкнених батарей у зарядній групі.

Кількість батарей, які можна увімкнути в групу за відомої напруги джерела,

$$n = U_{дж} / 2,7m, \quad (5.13)$$

де  $m$  - кількість акумуляторіву батареї.

Кількість груп, увімкнених паралельно до джерела,

$$n_{гр} = I_n / I_{6.3. \max}, \quad (5.14)$$

де  $I$  - номінальний струм зарядного пристрою.

До групи потрібно вводити максимальну кількість батарей, щоб зменшити втрати енергії в реостаті. Заряджання відбувається двома ступенями, на першому з яких  $I = 0,1 C$ . На початку електролізу води, тобто коли напруга на акумуляторі досягатиме 2,4 В, зарядний струм знижуватиметься до 0,05  $C_{20}$  (другий ступінь). Якщо напруга на акумуляторі досягатиме 2,7 В (16,2 В на 12 В батарею), то заряджання триватиме ще 1-2 год.; у цьому разі можна забезпечити 100%-е заряджання нової батареї. Коли ж цим методом заряджають експлуатовану батарею, то заряджання припиняють після досягнення напруги 2,7 В на акумуляторі.

У випадку заряджання методом постійної напруги (рис. 5.9, б) батареї чи їх групи до джерела живлення вмикають паралельно. Зарядну напругу підтримують постійною в межах 2,35-2,40 В на акумулятор. За цієї напруги на початку газоутворення («кипіння» електроліту) зарядний струм матиме значення, яке не є небезпечним для руйнування активної маси пластин.

## Лекція 5 – Експлуатація системи електропостачання

На початку заряджання повністю розрядженої батареї зарядний струм може досягати  $(0,5-1,0) C_{20}$ , і в цьому разі рекомендується трохи знизити  $u_{дж}$ . У процесі заряджання ЕРС батареї зростає і зарядний струм автоматично знижується. Цей метод доцільно застосовувати для підзаряджання батарей, які перебувають в експлуатації. Його перевага - немає потреби контролювати силу зарядного струму.

У випадку заряджання акумуляторних батарей методом прискореного заряджання сила струму відповідає 70% номінальної ємності. Чим більша сила струму, тим менший час заряджання. Практично тривалість заряджання струмом із силою  $0,7 C_{20}$  має не перевищувати 30 хв.,  $0,5 C_{20}$  - 45 хв. і  $0,3 C_{20}$  - 90 хв.

У процесі форсованого заряджання потрібно контролювати температуру електроліту і при досягненні  $45^{\circ}\text{C}$  припинити подальше заряджання. Слід зауважити, що форсоване заряджання застосовують як виняток, бо, коли його систематично повторювати для однієї й тієї самої батареї, термін її служби помітно зменшиться.

Зрівняльне заряджання проводять при постійній силі струму, що відповідає 10% номінальної ємності, так само, як і заряджання при постійному струмі, але протягом тривалішого часу, ніж звичайно. Його мета - забезпечити в акумуляторній батареї повне відновлення активних мас на всіх електродах акумуляторів. Зрівняльне заряджання нейтралізує вплив глибоких розряджень на негативні електроди, а тому рекомендують як засіб для усунення сульфатації пластин. Заряд триває доти, доки в усіх акумуляторах не буде наявна сталість густини електроліту та напруги протягом 3 год.

### 5.3 Експлуатація генераторів змінного струму. Технічне обслуговування генераторів змінного струму

Генератори змінного струму призначені для роботи тільки в схемі електрообладнання автомобіля чи трактора з приєднанням мінусового полюса акумуляторної батареї на масу. Заборонено роботу генератора, коли розімкнений вимикач маси, тобто коли вимкнена акумуляторна батарея.

Якщо генератор працює без акумуляторної батареї, то в момент вимикання споживачів на його виході виникають перенапруги через велику індуктивність обмотки збудження генератора. Ці перенапруги небезпечні для випрямного блока генератора, а також для регулювального транзистора регулятора напруги.

Заборонено тривалу роботу генератора з вимкненим проводом від його плюсового виводу, оскільки це призводить до великого розрядження акумуляторної батареї. У цьому разі через обмотку збудження протікає максимальний струм, а напруга не регулюється, тобто зі збільшенням частоти обертання генератора напруга на його вихідному затискачі «+» значно збільшуватиметься. Цей режим призводитиме до відмови силового транзистора регулятора напруги, оскільки він працюватиме в лінійній зоні, а потужність, яка розсіюється на ньому, перевищуватиме припустиме значення.

Коли помилково ввімкнути акумуляторну батарею зі зворотною полярністю («+» на масу), то р-п переходи вентилів випрямного блока ввімкнуться в прямому напрямку. Опір вентилів у прямому напрямку становлять частки ома, і струм, який протікає через них, досягає великої сили: перегріваються проводи, руйнується ізоляція обмотки статора, пробиваються р-п переходи й повністю розряджається акумуляторна батарея, генератор виходить із ладу.

Потрібно слідкувати за технічним станом контактів і проводів між масами регулятора й генератора. Якщо контакт мінусового полюса генератора з масою автомобіля чи трактора

## **Лекція 5 – Експлуатація системи електропостачання**

порушуватиметься, то під час руху автомобіля чи трактора амперметр показуватиме або заряджання, або розряджання батареї. Якщо заряджання акумуляторної батареї контролюватимуть за допомогою сигнальної лампочки, то вона блиматиме.

Розглянемо характерні несправності генераторів та генераторних установок.

**Амперметр не показує заряду** на середній частоті обертання колінчастого вала двигуна, контрольна лампа горить із повним розжаренням. Ці ознаки свідчать про те, що генератор не заряджає акумуляторної батареї, і вона розряджається.

Однією з причин розряджання батареї може бути обривання кола між генератором та акумуляторною батареєю, що найчастіше трапляється в місцях з'єднання із затискачами і на перегибах проводів. В останньому випадку обривання проводу передусім затуляє ізоляція. Обривання в колі, коли його не виявлено під час зовнішнього огляду, знаходять за допомогою контрольної лампи, обов'язково вимикаючи генератор і реле-регулятор.

Одним кінцем проводу контрольної лампи доторкуються до маси автомобіля чи трактора, а другим - послідовно до затискачів, прямуючи по колу в певному напрямі від батареї до генератора. Світіння контрольної лампи засвідчує, що коло на ділянці від точки доторкування до джерела струму справне. Якщо ж у наступній точці лампа не горить, то це означає, що провід на ділянці між цими точками доторкування обірваний. Пошкоджені проводи замінюють новими, або з'єднують їх скручуванням і паянням. Місце скручування ізолюють ізоляційною стрічкою й полі-хлорвініловими трубками.

Спад напруги в проводах перевіряють вольтметром, вимірюючи напругу на початку і в кінці кола, що живить споживач. Різниця напруг і визначить спад напруги в даному колі. Припустимий спад напруги в колі - не більш як 0,5-0,8 В.

### **Обривання в колі збудження.**

Якщо проводи зарядного кола справні, а амперметр не показує заряду, то, запустивши двигун на середню частоту обертання колінчастого вала і ввімкнувши батарею та прилади-споживачі, потрібно на короткий час (не більш як на 1-2 с.) перемкнути відрізком проводу затискачі ВЗ і Ш реле регулятора. Робити це потрібно обережно, аби не замкнути затискачі Ш на масу, що може призвести до відмови транзисторного регулятора напруги. Якщо під час перемикання проводом затискачів ВЗ та Ш амперметр не показує кидка зарядного струму і не виникає іскріння в точках торкання проводу до затискачів, то несправність потрібно шукати в проводі, який з'єднує затискачі Ш реле-регулятора й генератора, або в самому генераторі, який не збуджується.

Несправним генератор може стати через зависання щіток у каналах щіткотримачів або обривання в колі обмотки збудження генератора. Насамперед, потрібно перевірити щітки.

Аби щітки не зависали, потрібно очистити канали щіткотримача від пилу й бруду, потім установити в нього щітки й переконатися, що вони вільно переміщуються. Спрацьовані щітки необхідно замінити.

Щоб визначити обривання обмотки збудження, щітки потрібно вийняти з щіткотримачів і до контактних кілець через амперметр або лампу підвести напругу 12-24 В. Якщо стрілка амперметра залишається на нулі чи лампа не засвічується, то в колі збудження є обривання.

### **«Скидання» навантаження генератором.**

Якщо струм навантаження дорівнює нулю, то на генераторі може бути певна напруга. Але під час вмикання навантаження напруга генератора різко спадає до значення, наближеного до нуля, і генератор не може живити увімкнуте навантаження. Це явище

## **Лекція 5 – Експлуатація системи електропостачання**

спричиняють здебільшого міжвиткові замикання в обмотці статора. У разі замикання витків в одній чи в кількох котушках статора струм починає протікати по короткозамкнених витках і не потрапляє у зовнішнє коло. Потужність генератора різко зменшується, а оскільки опір короткозамкнених витків малий, то струм у них набуває більшої сили, і вони перегріваються, а ізоляція порушується або й зовсім згоряє.

При пробиванні чи обриванні в одному з вентилів випрямного блока генератор також «скидає» навантаження.

### **Коротке замикання кола збудження.**

В цьому разі амперметр не показує кидка зарядного струму, проте під час замикання проводів затискачів ВЗ та Ш виникає потужна дуга, а сам провід швидко нагрівається. Причиною цього є коротке замикання кола обмотки збудження на масу, внаслідок чого напруга генератора знижується майже до нуля.

У цьому разі потрібно усунути коротке замикання, завдяки чому заряд акумуляторної батареї має відновитися.

Якщо під час замикання затискачів ВЗ та Ш амперметр показує кидок зарядного струму, то генератор і провід, який з'єднує затискачі Ш генератора й реле-регулятора, будуть справними, а несправним може бути реле-регулятор.

Якщо під час роботи двигуна на середніх обертах стрілка амперметра коливається, а контрольна лампа блимає, то наявні періодичні порушення в колі зарядного струму, що може спричинити послаблення приводного паса. У момент проковзування паса частота обертання ротора генератора зменшується, і струм, що віддається у зовнішнє коло, спадає, а це призводить до коливання стрілки амперметра або блимання лампи. Пас необхідно підтягнути, а генератор закріпити.

Поганий контакт між щітками і контактними кільцями також призводить до коливань сили струму, що віддається. Контакт між щітками й кільцями порушується через забруднення контактних кілець, підвищене спрацювання щіток і зменшення тиску пружин на щітки. Крізь отвори в основі щіткотримача оглядають контактні кільця й очищають їх від забруднення ганчіркою, намоченою в бензині. Якщо довжина частини щітки, що залишилася, менша, ніж це передбачено технічними умовами, її замінюють. У разі зменшення тиску контакт між щіткою й кільцями може періодично порушуватись.

Коли стрілка амперметра тривалий час показує великий зарядний струм (понад 10 А), то це означає, що напруга генератора перевищує нормативну. Внаслідок перезаряджання електроліт акумуляторної батареї википає, і, якщо воно триватиме довго, батарея може стати непридатною. Щоб визначити несправність, потрібно перевірити реле-регулятор.

**Перевірка обмотки збудження на замикання з полюсом чи з валом ротора.** Замикання обмотки збудження з валом чи з полюсом ротора, залежно від місця контакту, може мати різні наслідки. Якщо замикання сталося на «виході» обмотки, то через зменшення опору кола збудження зростає струм збудження, а це призводить до перегрівання обмотки збудження. Якщо ж замикання сталося поряд із контактним кільцем, з'єднаного з «плюсовою» щіткою, то обмотка закорочується і генератор не збуджується. Замикання обмотки збудження на роторі визначають контрольною лампою під напругою 220 В.

Один провід з'єднують із будь-яким контактним кільцем, а другий із полюсом або з валом ротора. Лампа горить, коли обмотка замкнулася з валом чи полюсом. Якщо обмотку неможливо ізолювати від корпусу, то її замінюють.

**Перевірка обмотки збудження на міжвиткове замикання.**

Міжвиткове замикання збільшує силу струму збудження. Внаслідок перегрівання обмотки руйнується ізоляція і замикається додаткова кількість витків. Збільшення струму збудження може спричинити вихід із ладу регулятора напруги. Цю несправність знаходять, порівнюючи вимірний опір обмотки збудження із заданим у технічних умовах. Коли опір обмотки зменшується, то її перемотують чи замінюють.

Міжвиткове замикання в котушці обмотки збудження визначають, вимірюючи опір котушки збудження за допомогою омметра, або ж за показниками амперметра та вольтметра при живленні обмотки від акумуляторної батареї. Плавкий запобіжник захищає амперметр і батарею від випадкового короткого замикання кола. До контактних кілець ротора вмикають щупи й діленням значення вимірної напруги на силу струму обчислюють опір і порівнюють його із заданим у технічних умовах.

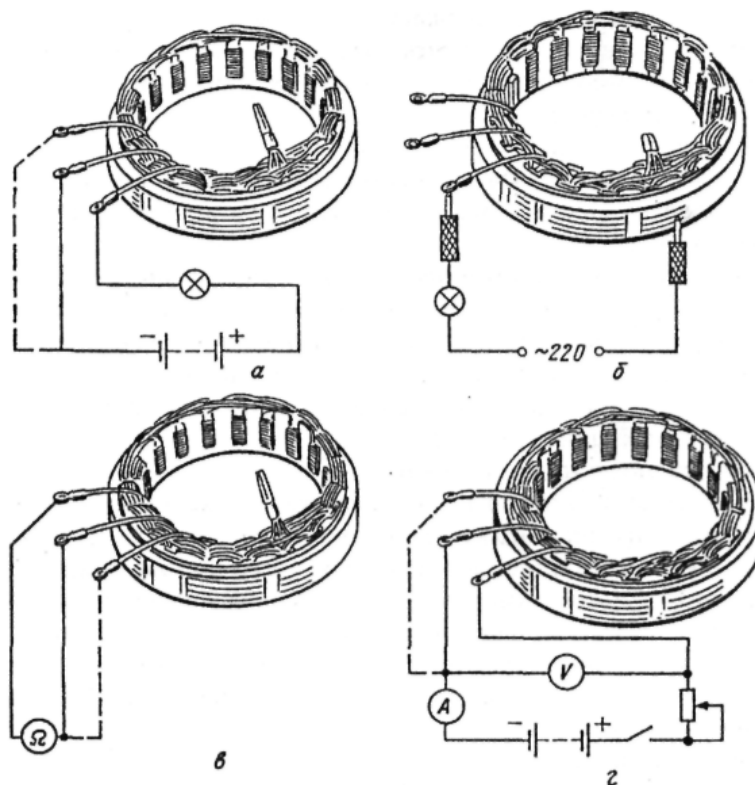
**Перевірка обмотки статора на обривання.**

Цю перевірку роблять за допомогою контрольної лампи чи омметра. Лампу й джерело живлення по черзі вмикають до кінців двох фаз. Якщо одна з котушок обірвана, то лампа не горить. Омметр, увімкнений до цієї фази, показує «нескінченність». Якщо його під'єднати до двох інших фаз, то він показуватиме опори цих двох фаз.

**Перевірка обмотки статора на замикання з корпусом.**

Така несправність дуже знижує потужність генератора, він нагрівається або взагалі не працює. Перевірку роблять контрольною лампою напругою 220 В. Лампу вмикають до осердя статора і до будь-якого виводу обмотки за схемою. Якщо є замикання, то лампа засвічується.

**Перевірка обмотки статора на міжвиткове замикання.**



**Рис. 5.10 - Схеми перевірки обмотки статора:**

**а -на обривання; б-на замикання з корпусом; в-на міжвиткове замикання та обривання; г -увімкнення приладів для визначення опору обмотки статора**

## **Лекція 5 – Експлуатація системи електропостачання**

Міжвиткове замикання в котушках обмотки статора визначають омметром, або за схемою. Коли опір двох обмоток (вимірний чи розрахований) менший за наведений у технічній характеристиці, то обмотка статора має міжвиткове замикання. Цю несправність можна виявити, використовуючи нульову точку обмотки статора. Для цього потрібно виміряти чи розрахувати опір кожної фази зокрема, і, порівнявши опори всіх трьох фаз, з'ясувати, котра з них має міжвиткове замикання.

Обмотка фази з міжвитковим замиканням має менший опір, ніж інші. Дефектну обмотку замінюють.

Справність обмоток статора можна перевірити на контрольно-випробних стендах на симетричність фаз. У цьому разі вимірюють змінну напругу між фазами обмотки статора до випрямного блока за однакової (сталого) частоти обертання ротора. Якщо напруга однакова, то обмотка статора справна.

### **Перевірка діодів.**

Діоди автомобільного електроустаткування перевіряють на пробивання й обривання кола. Ці несправності виникають, коли затискач «+» генератора замикається з корпусом, або коли в працюючому двигуні вимикається акумуляторна батарея, а також перегріваються діоди.

У разі пробивання одного чи кількох діодів однієї шини випрямного блока знижується потужність генератора. Пробивання діодів різнойменних шин призводить до замикання акумуляторної батареї на обмотку статора, внаслідок чого може статися пошкодження обмотки або «вигорання» діодів. Обривання в колі одного діода знижує потужність генератора, а обривання двох діодів у колі однієї фази рівнозначне обриванню фази.

Щоб перевірити діод, його вмикають послідовно з лампою до акумуляторної батареї спочатку в одному, а потім в іншому напрямку. Якщо діод справний, то лампа горить тільки в одному випадку вмикання, а якщо пробитий - в обох, якщо не горить зовсім - у колі діода обривання.

При перевірці випрямних блоків генератора необхідно перевірити кожен із шістьох діодів окремо. Випрямний блок вмикають за схемами, і послідовно перевіряють діоди однієї шини, змінюючи місцями проводи на акумуляторній батареї, а потім другої шини (рис. 5.11, в, г, є, ж).

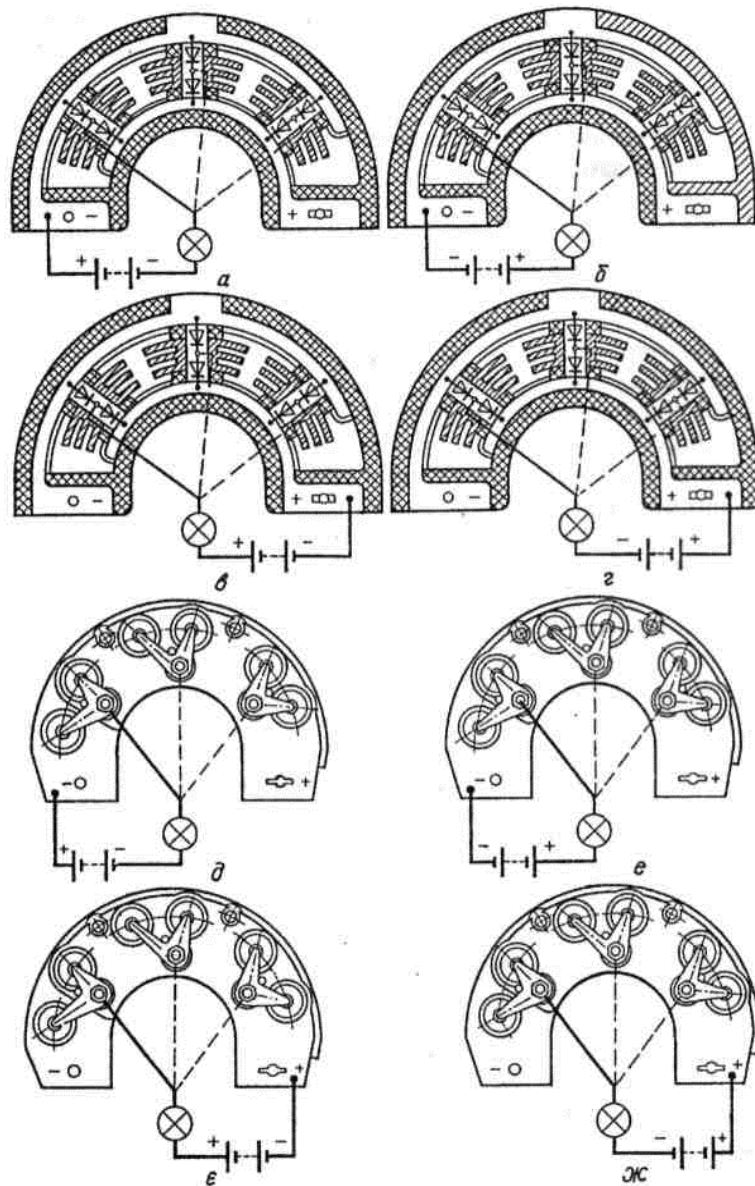
Справність діодів можна перевірити і за допомогою омметра, вимірюючи опір у прямому й зворотному напрямках. Справний діод у випадку прямого вмикання омметра має опір не більш як 200 Ом, а зворотного вмикання - кілька сотень кОм. У пробитому діоді опір дорівнює нулю, а в обірваному - нескінченності. Діоди випрямних блоків типу ВБГ замінюють парами разом із секцією радіатора, а в блоках типу БПВ замінюють шину в складеному вигляді. Несправні діоди зворотної полярності блоків типу БПВ можна випресовувати із шини й замінювати діодами з ремонтними розмірами. Замінюючи діоди, слід звертати увагу на маркування їхньої провідності.

Під час ремонту генераторів в умовах АТП їх розбирають та замінюють несправні деталі чи вузли, очищають від пилу, бруду й масла, відновлюють пошкоджену ізоляцію, потім їх складають, випробовують і регулюють.

Не можна допускати, щоб генераторна установка працювала з вимкненими батареєю та навантаженням. У цьому разі пульсація випрямної напруги генератора буде значною і впливатиме на його роботу: піки напруги спричинюватимуть «хибне» спрацьовування чутливого елемента схеми стабілітрона, а отже, й усієї схеми регулятора, хоча середнє значення випрямної напруги генератора ще й не досягатиме порога спрацьовування схеми. Це порушує



чітку роботу регулятора, збільшує частоту перемикання регулювального транзистора, а отже, потужність розсіяння й перегрівання, внаслідок чого транзистор виходить із ладу.



**Рис. 5.11 - Перевірка діодів:  
а, б, в, г- випрямного блока типу ВБГ;  
д, е, є, ж- випрямного блокаБПВ на пробивання та обривання кола**

У момент від'єднання споживачів від генератора перенапруга, яка виникає на виході генератора, виводить із ладу напівпровідникові прилади регулятора напруги, оскільки напруга перевищує припустимі значення.

**ТО генератора зводиться до наступного:**

- При ТО необхідно з допомогою амперметра перевірити значення струму зарядки;
- При ТО-1 перевірити кріплення генератора і натяг привідного паса. Натяг рахується правильним, якщо при зусиллі 3-4 кг\с прикладеному між шківом колінвала і генератора прогін складає 8-14 мм для ЗІЛ, УАЗ і 15 – 22 для КамАЗ.

- При ТО-2 з допомогою вольтметра перевірити максимальну напругу генератора. Перевірити кріплення проводів до клем генератора. Після пробігу 150 тис. км зняти генератор і продути стисненим повітрям і перевірити стан щіток і контактних кілець. При висоті щіток менше 7 мм необхідно замінити їх на нові.

### **5.4 Експлуатація і технічне обслуговування регуляторів напруги автомобільних генераторів**

У регуляторах напруги з кремнієвими транзисторами з'єднання затискачів Ш та «+» замикає накоротко обмотку збудження, через неї струм не протікає, генератор не збуджується. Режим небезпечний тим, що призводить до відмови в роботі регульовального транзистора, оскільки його перехід емітер-колектор потрапляє під повну напругу акумуляторної батареї. Струм колектора та потужність, яка виділяється на транзисторі, набувають значень, більших за допустимі, і транзистор, перегріваючись, виходить із ладу.

У випадку короткого замикання затискачів Ш і «-» вихідний транзистор регулятора закорочується, напруга генератора не регулюється і може із збільшенням частоти обертання досягти небезпечного для ламп та інших споживачів значення. Цей режим також небезпечний для напівпровідникових приладів регулятора напруги.

Найпоширеніша несправність - розрегулювання регулятора напруги в бік зменшення регульованої напруги до значення, меншого за ЕРС батареї. Переконавшись в цьому можна при короткочасному натисненні на пружину вібраційного регулятора напруги, внаслідок чого виникатиме зарядний струм і без замикання затискачів ВЗ та Ш. Цю несправність усувають регулюванням регулятора за методикою, описаною нижче.

У контактно-транзисторному реле-регуляторі може статися самочинне спрацювання реле захисту, яке виявляють, знімаючи кришку реле-регулятора, й усувають, трохи збільшуючи натяг пружини реле захисту.

У реле-регуляторі також може статися внутрішнє обривання, яке можна виявити та усунути тільки в електроцеху.

**Перевірка безконтактних транзисторних та інтегральних регуляторів** проводиться також за спеціальними методиками. Справність регуляторів перевіряють, вмикаючи їх до акумуляторної батареї за схемою (рис. 5.12).

Як навантаження кола збудження використовують лампу потужністю 30 Вт. Для цього регулятор, розрахований на робочу напругу 14 В, вмикають спочатку до 6 акумуляторів (12 В), а потім до 8 акумуляторів (16 В) двох послідовно увімкнених батарей, а для регуляторів, розрахованих на 28 В, - спочатку до 12 акумуляторів (24 В), а потім до 16 акумуляторів (32 В). Якщо регулятор напруги справний, то у першому випадку вмикання лампа має горіти, а в другому - не горіти. Якщо лампа горить, або не горить, в обох випадках вмикання, то регулятор несправний.

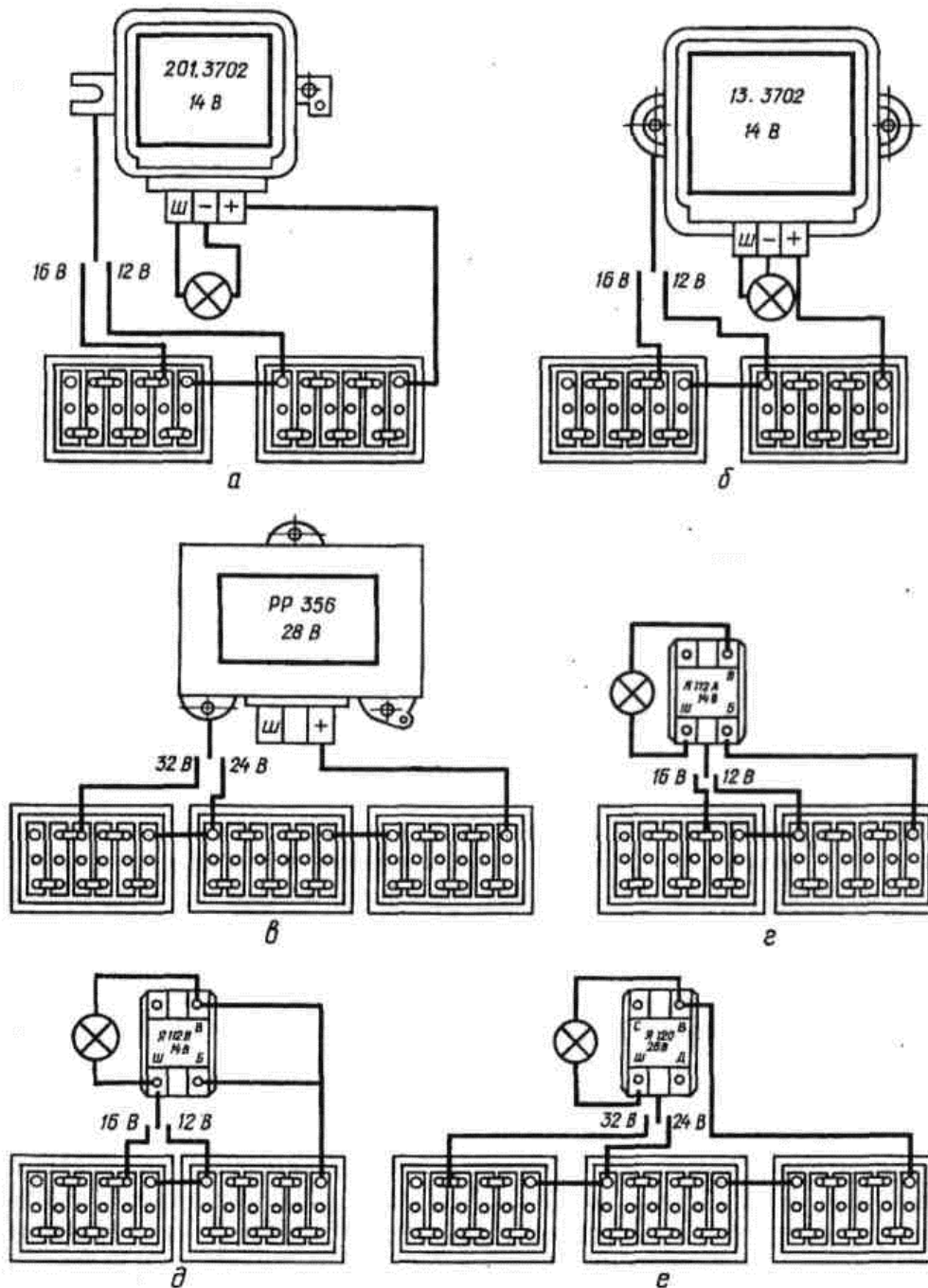


Рис. 5.12 - Схема перевірки працездатності регуляторів напруги

Точніше перевірити регулятор напруги й виміряти регульовану напругу можна за допомогою приладу, який є стабілізованим джерелом напруги з плавним її регулюванням до 35 В (рис. 5.13). Його вмикають до регулятора, далі вмикають схему і, плавно збільшуючи напругу, стежать за контрольною лампою та вольтметром. У момент увімкнення лампи вимірюють напругу, яка й буде напругою спрацьовування регулятора. Якщо ця напруга не відповідає технічним умовам, то налагоджують регулятор.

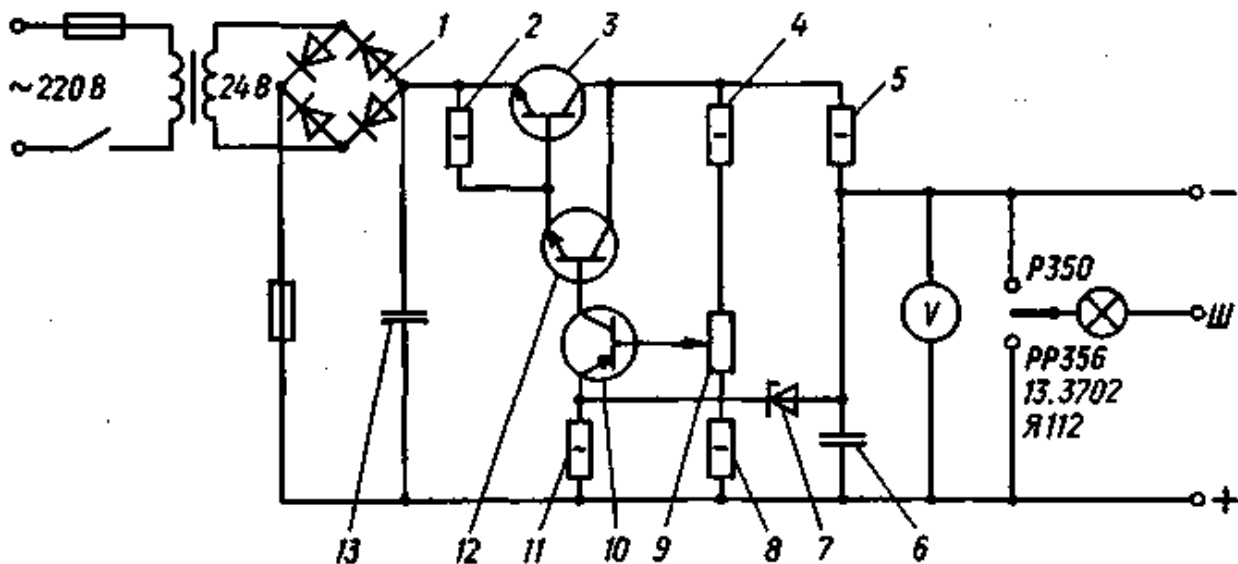


Рис. 5.13 - Схема приладу для перевірки безконтактних регуляторів напруги:  
 1 - випрямний блок; 2 - резистор 4 кОм; 3 - транзистор КТ803;  
 4 - резистор 1,5 кОм; 5 - резистор 0,6 Ом; 6 - конденсатор

Інтегральні регулятори - це прилади нерозбірні й не підлягають регулюванню, а отже, їх замінюють.

У регуляторах серії Я120 передбачено посезонне регулювання для зимового «З» і літнього «Л» режимів заряджання акумуляторної батареї, яке дає змогу змінювати напругу в межах 1-2 В. Якщо гвинт укрутити до упору в корпус (положення «З»), напруга генератора підвищується, а якщо викрутити (положення «Л») - зменшується на 1-2 В.

### Контрольні питання:

2. Які основні характеристики стартерних АКБ?
3. Які основні характеристики автомобільних генераторів змінного струму?
4. Як перевіряється густина електроліту АКБ?
5. За допомогою якої формули визначається ступінь зарядженості акумуляторної АКБ?
6. Як здійснюється перевірка обмотки збудження АКБ?
7. Як здійснюється перевірка діодів генератора?
8. Які операції здійснюються при ТО генератора?
9. Як здійснюється перевірка справності регулятора напруги?

**Тема 6 Особливості електроіскрового розряду**

**6.1 Загальні характеристики системи запалювання. Класична система запалювання.**

**6.2 Принцип дії класичної системи запалювання**

**6.3 Конструкція апаратів класичної системи запалювання**

**6.4 Контактна система запалювання**

**6.5 Електроіскрові свічки запалювання**

**6.1 Загальна характеристика систем запалювання. Класична система запалювання**

**Загальні відомості**

Суміш пального з повітрям у бензинових двигунах автомобіля чи трактора запалює електрична іскра.

Система запалювання призначена для збільшення напруги акумуляторної батареї до рівня, потрібного для виникнення електричного розряду, і подавання його в потрібний момент часу на відповідну свічку запалювання. Відомі системи запалювання в момент запалювання дістають необхідну енергію не безпосередньо від акумуляторної батареї, а від проміжного накопичувача енергії. Залежно від його типу є системи з накопиченням енергії у котушці індуктивності і в конденсаторі. До сучасних систем запалювання автомобілів та тракторів та окремих елементів, що їх вони містять, ставлять численні вимоги, основні з яких такі:

- 1) вторинна напруга має забезпечувати стійке безперебійне іскроутворення на всіх режимах роботи двигуна;
- 2) енергії іскрового розряду має вистачати для займання суміші на всіх режимах роботи двигуна;
- 3) стійке іскроутворення в різних умовах (забруднені свічки, коливання напруги живлення, різні зміни температури тощо);
- 4) стійка робота за значних механічних навантажень, які спричиняють прискорення та вібрації (прискорення, що діють на електроустаткування сучасних автомобілів, досягають 20-40 g, а іноді - 80 g; діапазон частот вібрації також досить широкий);
- 5) надійна робота і великий ресурс елементів та системи загалом;
- 6) простота обслуговування апаратів запалювання, головним чином, переривача-розподільника, кількість регулювань, налагоджень, зачищень має бути мінімальна;
- 7) мінімально можливий споживаний струм; мінімальні розміри й маса апаратів;
- 8) мінімальні вартість апарата і трудомісткість його виготовлення, технологічність конструкцій з огляду на їх масовий випуск.

Деякі з наведених вимог до сучасних систем запалювання важко поєднати. Наприклад, украй важко одночасно дістати мінімальний споживаний струм, мінімальну масу, розміри та максимальну енергію розряду в поєднанні з високою вторинною напругою.

Більшість із названих вимог полягають в одному - в системі запалювання має бути запас необхідної кількості енергії, яка повинна безперервно зростати у зв'язку з форсуванням режимів роботи двигунів. Інакше кажучи, система має створювати певну вторинну напругу незалежно від умов експлуатації та режимів роботи двигуна. Ця вимога - одна з основних.

***Системи запалювання класифікують за такими ознаками:***

*- за способом отримання високої напруги для запалювання робочої суміші: системи*

## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

запалювання від магнето і батарейне запалювання;

- за типом накопичування: системи запалювання з накопиченням енергії в індуктивності та в ємності;

- за способом комутації струму в первинній обмотці котушки запалювання: контактні, контактнотранзисторні, контактнотиристорні, безконтактні транзисторні і цифрові системи запалювання;

- за ознакою нормування часу накопичення енергії: системи з ненормованим і нормованим часом накопичення енергії у котушці запалювання.

Система запалювання від магнето - це генератор змінного струму з постійними магнітами, який конструктивно поєднаний з індуктивною котушкою й переривачем-розподільником. Запалювання від магнето використовується на тракторах, дорожніх машинах, де відсутня акумуляторна батарея.

У системах батарейного запалювання струм низької напруги (12 В) перетворюється на імпульси високої напруги. Джерелом електричної енергії у цих системах є акумуляторна батарея або генератор.

Системою з накопиченням енергії в індуктивності називається система, в якій енергія, необхідна для створення високої напруги, акумулюється в індуктивності первинної обмотки котушки запалювання.

У системах із накопиченням енергії у ємності енергія для іскрового розряду накопичується в конденсаторі, а як комутуючий елемент використовується транзистор (тиристорна система запалювання). У цих системах котушка застосовується лише для перетворення напруги.

У системах із ненормованим часом накопичення енергії час накопичення енергії визначається параметрами сигналу датчика і залежить від частоти обертання колінчастого вала двигуна (кут замкнутого стану контактів або ж протікання струму через котушку запалювання).

У системах із нормованим часом накопичення енергії час накопичення енергії майже не залежить від частоти обертання колінчастого вала двигуна.

### Запалювання робочої суміші в бензинових двигунах

Робочий процес у циліндрі двигуна автомобіля чи трактора характеризується зміною температури та тиску робочої суміші. Зміна тиску газів за цикл може бути подана у вигляді індикаторної діаграми (рис. 6.1). Процес стискування робочої суміші починається після закриття випускного клапана в точці  $a_2$ . Він характеризується підвищенням тиску в циліндрі до моменту досягнення поршнем верхньої мертвої точки (ВМТ).

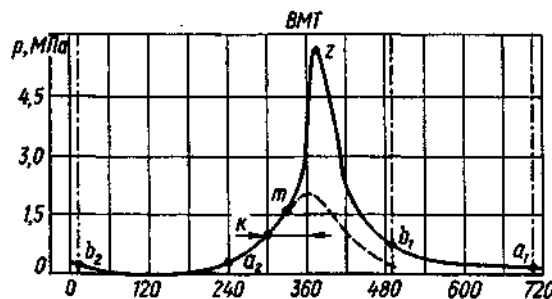


Рис. 6.1 - Індикаторна діаграма чотиритактного двигуна внутрішнього згорання:

## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

**$a_1$   $a_2$  - точки, що відповідають відкриттю та закриттю випускного клапана відповідно.**

У точці  $k$  подається електрична іскра. Різке зростання тиску (точка  $/я$ ) після подачі іскри пов'язане із запалюванням і згорянням робочої суміші. Після згоряння робочого заряду і його розширення зі зменшенням тиску до відкриття випускного клапана в точці  $B_x$  виконується корисна робота циклу. Зміну тиску в циліндрі без іскрового запалювання показано на рис. 6.1 штриховою лінією.

Аналізуючи процес згоряння, можна виділити три фази. Початкова фаза горіння, або фаза формування фронту полум'я,  $0$ , - це кут повороту колінчастого вала від моменту подачі іскри до моменту, коли тиск в циліндрі внаслідок виділення теплоти стає вищим за тиск від стискування. На тривалість фази  $0$ , впливають склад суміші, ступінь стискування, частота обертання вала, навантаження на двигун, параметри іскрового розряду.

Основна фаза горіння  $0_2$  - це кут повороту колінчастого вала від кінця першої фази до моменту максимального тиску в циклі (точка  $г$ ). Фаза  $0_2$  мало залежить від фізико-хімічних якостей робочої суміші і тільки при дуже сильному дроселюванні спостерігається деяке збільшення фази. Інтенсивність турбулентності суміші в циліндрі пропорційна частоті обертання вала, тому з ростом числа обертів тривалість фази зменшується. Проте, оскільки при цьому зменшується і тривалість усього циклу, фаза  $0_2$  практично не зменшується. Протягом фази  $0_2$  згоряє приблизно 90% робочої суміші.

Фаза догоряння  $0_3$  починається від моменту досягнення максимального тиску циклу. В цій фазі горить суміш, що прилягає до стінок циліндра. На тривалість фази догоряння впливають ті самі фактори, що й на тривалість фази  $0$ ,, крім параметрів іскрового розряду, оскільки джерело запалювання (свічка) міститься в зоні уже повністю згорілої суміші. Отже, система запалювання впливає на процес згоряння тільки в першій фазі згоряння.

Процес запалювання робочої суміші двигуна електричною іскрою розглядався дотепер у рамках теплової та іонізуючої теорії. Згідно з першою теорією, причиною згоряння суміші є локальне тепловиділення, згідно з другою - електророзрядом створюється сильна іонізація газу та висока місцева концентрація активних частин. Внаслідок подібності явищ теплопередачі й дифузії активних частин обидва шляхи дають схожі математичні рішення і не суперечать один одному.

Якщо розглядати іскровий розряд як миттєве точкове джерело теплоти, то можна вважати, що протягом дуже короткого часу до високої температури нагрівається невеликий кульоподібний об'єм газу, а це вимагає затрат певної кількості енергії. Кількість енергії залежить від багатьох факторів. Зі збільшенням ступеня стискування енергія, потрібна для запалення суміші, зменшується. При оптимальному значенні коефіцієнта надлишку повітря а для запалення паливної суміші необхідна енергія декілька десятків часток мілі-джоуля. Проте, враховуючи значну зміну  $a$ , а також вимоги стабільного запалювання і холодного пуску двигуна, енергія іскри повинна значно перевищувати наведене значення і бути не менше 15-30 мДж. Енергія іскри сучасних систем запалювання становить 20-100 мДж.

Напруга, прикладена до електродів свічки, має перевищувати так звану пробивну напругу  $U_n$ , яка визначається як мінімально потрібна напруга для електричного пробою іскрового зазору свічки.

Пробивна напруга залежить від багатьох факторів. За законом Пашена, пробивна напруга пропорційна тиску в циліндрі двигуна  $p$  та зазору між електродами свічки  $5$ , і обернено пропорційна температурі паливної суміші  $\Gamma$ :

$$U_{np} = \frac{p\delta}{T}. \quad (6.1)$$

Зі збільшенням зазору між електродами свічки пробивна напруга зростає. На її значення також впливає форма електродів (у загострених електродів пробивна напруга менша). Якщо електроди мають різну форму (голка-площина), то пробивна напруга залежатиме від їхньої полярності (пробивна напруга менше, коли голка позитивна).

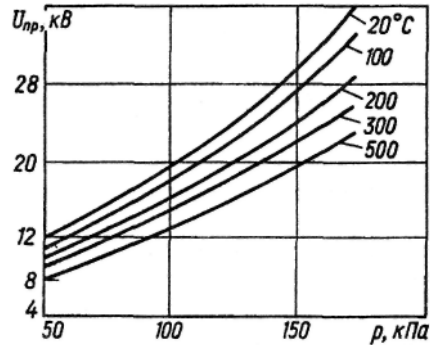


Рис. 6.2.- Вплив тиску і температури на пробивну напругу

Чим більша густина газу, тим більша кількість молекул газу в  $1 \text{ см}^3$  і тим коротша відстань вільного пробігу, а отже електрон рухатиметься з більшим прискоренням і для пробію потрібно прикласти більшу напругу.

Підвищення температури зменшує пробивну напругу (рис. 6.2), оскільки зменшується густина газу. Центральний електрод працюючого двигуна нагрітий до температури  $700-800^\circ\text{C}$  і оточений тонкою плівкою газу меншої густини, що полегшує виникнення іонізації, і пробивна напруга знижується.

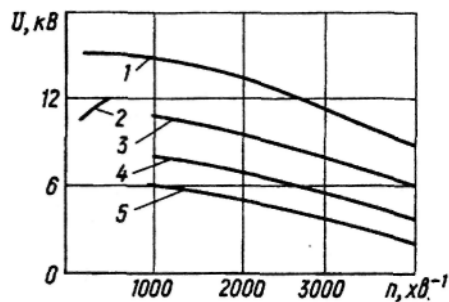
При пуску холостого двигуна стінки циліндрів і електроди свічки холодні, паливно-повітряна суміш, що потрапляє в циліндр, має низьку температуру і погано перемішана. При стискуванні суміш погано прогрівається, і краплі пального не випаровуються. Потрапляючи до міжелектродного простору свічки, ця суміш збільшує пробивну напругу на 15-20%.

Збільшення частоти обертання колінчастого вала двигуна спочатку викликає деяке збільшення пробивної напруги внаслідок зростання стискування (рис. 6.3), проте надалі  $U$  зменшується, оскільки погіршується наповнення циліндрів свіжою сумішшю і зростає температура центрального електрода свічки.

Із відкриттям дросельної заслінки, тобто зі збільшенням навантаження на двигун, зростає пробивна напруга, оскільки при цьому збільшується наповнення циліндрів і тиск у кінці ходу стискування (рис. 6.3).

При бідній суміші пробивна напруга вища, ніж при багатій. Незначне збіднення суміші спричинює спад температури центрального електрода й зростання пробивної напруги. Крім цього, під час роботи на збіднених сумішах потрібно збільшувати зазор між електродами, що також вимагає зростання пробивної напруги.





**Рис. 6.3 - Залежність пробивної напруги від частоти обертання колінчастого вала при різних навантаженнях:**

**1 - максимально можлива вторинна напруга; 2 - пробивна напруга під час – пуску холостого ходу; 3 – пробивна напруга при повному навантаженні; 4-те саме при 1/2 навантаження; 5 -те саме при малому навантаженні**

На величину пробою впливає також форма прикладеної напруги, склад суміші й умови роботи двигуна. Максимальна пробивна напруга має бути під час запуску, особливо за низьких температур, і під час розгону двигуна. Підвищення ступеня стискування ще більше сприяє зростанню пробивної напруги.

Підвищення надійності системи запалювання пов'язане зі створенням потрібного запасу вторинної напруги, який оцінюється коефіцієнтом запасу.

Коефіцієнт запасу системи запалювання оцінюють відношенням максимальної величини вторинної напруги, що створює система запалювання, до пробивної напруги свічки:

$$K_z = \frac{U_{2\max}}{U_{np}}. \quad (6.2)$$

Аби забезпечити надійність роботи системи запалювання, слід брати коефіцієнт запасу  $K_z = 1,4-1,6$ . Оскільки горіння робочої суміші в циліндрах двигуна відбувається не миттєво, то для повного згорання робочої суміші та здобуття максимальної потужності й економічності потрібно запалювати робочу суміш не в ВМТ ходу стискування, а трохи раніше, тобто з деяким кутом випередження запалювання. Кутом випередження запалювання називається кут, на який повертається колінчастий вал двигуна від моменту подачі іскри до положення ВМТ.

Кут випередження запалювання вибирають так, щоб на кожному режимі роботи максимум тиску, який створюється в циліндрі в процесі згорання суміші, розташовувався через декілька градусів ( $10-15^\circ$ ) після ВМТ.

На рис. 6.4 наведені залежності потужності  $N_e$  і питомої витрати пального  $g$  автомобільного двигуна від кута випередження запалювання. Кути випередження, за яких досягається максимальне значення потужності та економічності, називають найвигіднішими або оптимальними.

Оптимальний кут випередження запалювання визначається часом, який відводиться на згорання суміші, і швидкістю горіння суміші. У свою чергу, час, відведений на згорання, залежить від частоти обертання колінчастого вала, а швидкість горіння визначається складом робочої суміші й ступенем стискування.

Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигуна за один і той самий проміжок часу поршень проходить більший шлях, а колінчастий вал повертається на більший кут. Якби час згорання пального залишався постійним при збільшенні частоти обертання колінчастого вала двигуна, то закон зміни оптимального кута випередження запалювання був би строго лінійним. Проте, внаслідок збільшення тиску і температури в циліндрі, а також через тур-

## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

булентність суміші швидкість її згоряння в декілька разів збільшується, а час згоряння відповідно в стільки ж разів зменшується.

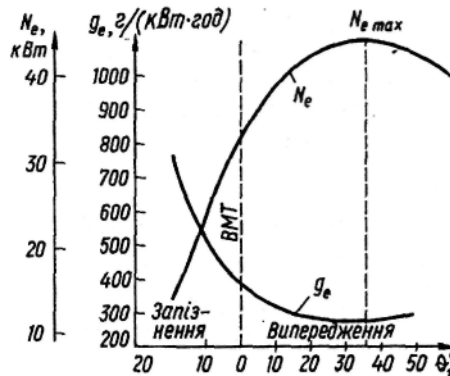


Рис 6.4 - Вплив моменту запалювання на потужність та економічність двигуна

Різке збільшення швидкості згоряння спостерігається лише в діапазоні низьких частот обертання, тому крива найвигіднішого кута випередження запалювання зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала зростає нелінійно (рис. 6.5).

З іншого боку, чим швидше розвивається процес згоряння робочої суміші, тим більша ймовірність виникнення детонації, тому кут випередження має бути меншим.

Швидкість згоряння робочої суміші визначається її складом, який характеризується коефіцієнтом надлишку повітря:

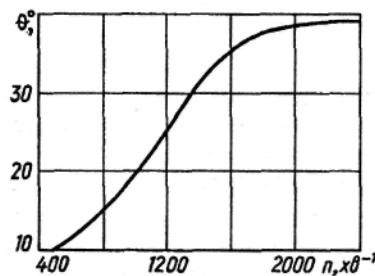


Рис. 6.5 - Залежність кута випередження запалювання від частоти обертання колінчастого вала двигуна

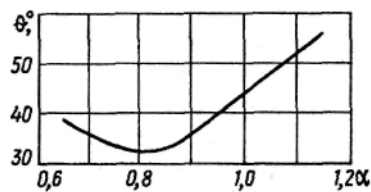
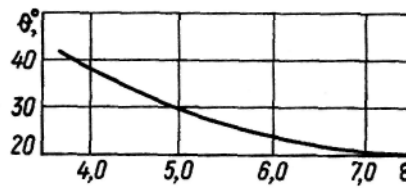


Рис. 6.6 - Вплив складу суміші на кут випередження запалювання двигуна

Склад суміші має великий вплив на вибір найвигіднішого кута випередження запалювання. При дуже збагаченій або збідненій суміші вона взагалі не запалиться. З графіка на рис. 6.7 видно, що при  $\alpha = 0,8-0,9$  кут випередження запалювання буде найменшим, отже, суміш цього складу горить із найбільшою швидкістю. При зменшенні або при збільшенні

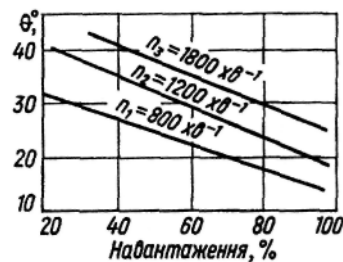
коефіцієнта надлишку повітря а проти вказаних значень кут випередження запалювання  $\theta^\circ$  необхідно збільшувати.



**Рис.6.7 - Залежність кута випередження запалювання від ступеня стискування робочої суміші**

Великий вплив на кут випередження запалювання має навантаження двигуна. Із збільшенням відкриття дросельної заслінки, тобто із збільшенням навантаження двигуна, збільшується кількість суміші, що надходить до циліндра. Внаслідок цього збільшується тиск і температура при стискуванні, які спричинюють збільшення швидкості згоряння. Тому зі збільшенням навантаження кут випередження запалювання повинен зменшуватися. На рис. 6.8 наведена залежність кута випередження запалювання від навантаження двигуна за різних частот обертання колінчастого вала.

Отже, кут випередження запалювання, залежно від режиму роботи двигуна, має автоматично регулюватися так, щоб забезпечувалися найвищі його технічні та економічні показники і було виключено детонаційне згоряння пального.



**Рис. 6.8 - Залежність кута випередження запалювання від навантаження двигуна при різних частотах обертання**

Відцентровий регулятор працює так, що зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала кут випередження запалювання автоматично збільшується і навпаки.

Вакуумний регулятор автоматично збільшує кут випередження запалювання зі збільшенням розрідження у впускному трубопроводі двигуна (тобто зі зменшенням навантаження) і навпаки.

Механічні регулятори не мають достатньої гнучкості. Тому вони не можуть забезпечити необхідні параметри регулювання на всьому діапазоні режимів роботи двигуна. В процесі роботи рухомі частини регулятора спрацьовуються, а пружні деталі (пружини, діафрагми) протягом часу старіють. Цим регуляторам також властива інерційність. Механічні автомати випередження запалювання не можуть відтворити досить складні характеристики випередження за швидкістю, навантаженням, а також температурою двигуна. Крім цього, кутові похибки приводу датчиків-розподільників спричинюють підвищений асинхронізм іскроутворення і «розмиття» кута запалювання. Ці регулятори мають недоліки: спрацювання кулачка, резонансні явища та ін.

## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

Системи запалювання з електронними автоматами випередження запалювання ліквідують зазначені недоліки цих систем.

Цифрові системи запалювання практично не мають рухомих частин, що забезпечує стабільність відтворення оптимального закону регулювання моменту іскроутворення в процесі роботи двигуна.

Суттєвий засіб боротьби з детонаційним згорянням і разом із тим робота двигуна з оптимальним кутом випередження запалювання - це електронні (цифрові) системи запалювання з контуром зворотного зв'язку за сигналом датчика детонації, який сприймає механічні коливання блоку або головки блоку двигуна. Як правило, за допомогою датчика детонації фіксується початок детонаційного згоряння ще до появи сильної детонації, і цифрові системи роблять коригування кута випередження запалювання в бік зменшення, й детонація припиняється. Із застосуванням цих систем значно економиться паливе, знижується токсичність і забезпечується можливість роботи двигуна на низькооктановому пальному.

### 6.2 Принцип дії класичної системи запалювання

Класична система батарейного запалювання працює за таким принципом. Кулачок розподільника, обертаючись одночасно з приводним валіком, навперемінно замикає та розмикає контакти переривача. Після замикання контактів (коли увімкнено вимикач запалювання) через первинну обмотку котушки запалювання починає протікати струм. Первинний струм створює магнітне поле, в якому накопичується електромагнітна енергія.

Після розмикання контактів переривача виникає перехідний процес у двох індуктивно з'єднаних контурах: один утворюють первинна обмотка котушки й іскрогасильний конденсатор, а другий - вторинна її обмотка та конденсатор вторинного кола, в якому внаслідок перехідного процесу створюється висока напруга.

У момент, коли, наростаючи, вторинна напруга досягає значення пробивної напруги свічки запалювання, пробивається іскровий зазор цієї свічки з наступними розрядними процесами. Контакти лишаються розімкнені деякий час, а тоді знову замикаються, і весь цикл роботи системи батарейного запалювання повторюється, але робоча суміш займається вже в наступному за циклом роботи двигуна циліндрі.

Робочий процес утворення іскрового розряду поділяють на три етапи: наростання первинного струму після замикання контактів; розмикання контактів переривача та виникнення ЕРС високої напруги у вторинній обмотці; пробивання іскрового зазору свічки.

Первинний струм після замикання контактів наростає від нуля до граничного значення, що залежить від електричного опору кола. Внаслідок цього виникає ЕРС самоіндукції  $e_L$  у первинній обмотці котушки запалювання, спрямована вона проти ЕРС батареї  $E_e \sim U_6$ , і сповільнює процес наростання струму. Для періоду наростання первинного струму справедливий другий закон Кірхгофа:

$$\begin{aligned} & \text{або} \quad U_6 + e_L = i_1 R_1, \dots \\ & U_6 - L_1 \frac{di_1}{dt} = i_1 R_1, \end{aligned} \quad (6.3, 6.4)$$

де  $U_6$  - напруга на затискачах акумуляторної батареї,  $e_L$  - ЕРС самоіндукції,  $i_1$  - струм у первинній обмотці,  $R_1$  - активний опір первинної обмотки,  $L_1$  - індуктивність первинної обмотки,  $di_1/dt$  - швидкість наростання струму в первинному колі.

## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

Розв'язуючи це диференційне рівняння, дістаємо:

$$i_1 = \frac{U_6}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1} t}\right). \quad (6.5)$$

Задаючи граничні умови  $t = 0$  (момент замикання контактів) і вважаючи, що  $t = \infty$  (усталений струм), маємо: якщо

$$\begin{aligned} t=0 \text{ і } i_1=0, \text{ то } \frac{di_1}{dt} &= \frac{U_6}{R_1}; \\ \text{якщо} \\ t=\infty \text{ і } i_1 &= \frac{U_6}{R_1}, \text{ то } \frac{di_1}{dt} = 0. \end{aligned} \quad (6.6, 6.7)$$

Максимальна сила струму первинної обмотки (струм розмикання  $i$  залежить від часу замкненого стану контактів):

$$i_p = \frac{U_6}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1} t_3}\right). \quad (6.8)$$

де  $i_p$  - струм розмикання;  $t_3$  - час замкненого стану контактів.

На час  $t$  впливають частота обертання  $n$  колінчастого вала двигуна, кількість циліндрів  $z$  двигуна й час  $t$  розімкненого стану контактів переривача.

Позначимо  $x_3 - t_3 / T$  - відносний час замкненого стану контактів, де  $T = t + t_3$ .

$$t_3 \approx \tau_3 T = \frac{120 \tau_3}{n \cdot z}, \quad (6.9)$$

Тоді час замкненого стану контактів переривача -

де  $\tau_3$  - частота замикань контактів переривача.

Остаточна сила струму розмикання:

$$i_p = \frac{U_6}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1} \tau_3 \frac{120}{n \cdot z}}\right). \quad (6.10)$$

Отже, струм розмикання  $i$  залежить від електричних параметрів  $i_1$  та  $L$ , первинного кола. Струм  $i$  зменшується із збільшенням частоти обертання колінчастого вала й кількості циліндрів двигуна і зростає зі збільшенням відносного часу замкненого стану контактів  $T_3$ . Збільшити цей час можна тільки за рахунок зменшення часу розімкненого стану  $t$ . Проте  $x_3 - 0,63$  і подальшого збільшення допустити не можна, оскільки кулачок переривача в цьому разі виходить дуже гострим, що спричинює удари молоточка та підвищене спрацьовування переривача.

Після розмикання контактів переривача струм у первинній обмотці та магнітний потік, який він створив, за дуже короткий інтервал часу зникають. У вторинній обмотці котушки наводиться висока напруга 15-20 кВ, яка залежить від ряду параметрів первинного і вторинного кіл. До них належать: сила струму розмикання, коефіцієнт трансформації, індуктивність первинної обмотки, ємність обох кіл та ін.

Щоб визначити аналітичну залежність максимальної вторинної напруги від зазначених параметрів, розглянемо енергетичний баланс котушки запалювання.

Електромагнітна енергія в момент розмикання контактів, накопичена в магнітній системі котушки запалювання:

$$W_e = \frac{L_1 i_p^2}{2}. \quad (6.11)$$

Ця енергія перетворюється на електростатичну, яка накопичується в конденсаторах C1 і C2 вторинного кола і частково перетворюється на теплоту. Отже, рівняння балансу енергії у початковий момент розмикання можна записати у вигляді:

$$\frac{L_1 i_p^2}{2} = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} + A, \quad (6.12)$$

де - кількість витків у первинній і вторинній обмотках відповідно; A - теплові втрати. Після перетворень отримуємо:

$$U_2 = i_p \sqrt{\frac{L_1}{C_1 \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 + C_2}} \eta, \quad (6.13)$$

$$U_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} U_2; \omega_1, \omega_2 \quad (6.14)$$

де  $\eta = 0,75-0,85$  - коефіцієнт, який враховує зменшення вторинної напруги внаслідок теплових втрат.

Іскровий зазор свічки пробивається, коли вторинна напруга  $U$ , досягне значення, достатнього для цього.

З'ясовано, що електричний розряд має дві складові: ємнісну й індуктивну. Ємнісна складова - це розряд енергії, яка накопичена у вторинному колі, зумовлений його ємністю C2. Це яскрава іскра блакитного кольору. Ємнісний розряд супроводжує специфічне тріскотіння.

Індуктивна складова розряду складається з решти енергії, оскільки ємнісний розряд розпочинається і закінчується раніше, ніж вторинна напруга досягне свого максимального значення. Струм індуктивної частини розряду становить 80-100 мА, а його тривалість на 2-3 порядки більша, ніж ємнісної. Колір іскри має блідий бузково-жовтий колір.

### 6.3 Конструкція апаратів класичної системи запалювання

#### - Котушка запалювання для класичних систем запалювання

Ці котушки служать не лише імпульсним трансформатором, а й накопичувачем енергії. Як індуктивний накопичувач енергії котушка повинна мати відповідну місткість магнітного поля, яку називають індуктивністю. Для збільшення індуктивності первинної обмотки застосовується феромагнітний сердечник, який роблять розімкнутим.

В класичних контактних системах запалювання застосовуються котушки, які мають індуктивність первинної обмотки 5... 10 мГн при максимальному первинному струмі 3...4 А. Запас енергії складає до 40 мДж. їх виготовляють на номінальну напругу 12 В. Вони здебільшого мають одну й ту саму будову, проте відрізняються одна від одної обмотковими даними, конструкцією вузлів та деталей, наявністю додаткових пристроїв, габаритними та установчими розмірами.

Основні частини котушки запалювання (рис. 6.9) такі: осердя 6 з первинною 4 та вторинною 3 обмотками; кришка 12 з виводами 1, 11, 14 низької та 13 високої напруги. У більшості автомобілів та тракторів застосовують котушки з додатковим резистором 8, змонтованим у керамічному ізоляторі 9.

## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

Осердя котушки виготовляють з листів електротехнічної сталі, ізолюваних один від одного окупиною, завдяки чому зменшуються вихрові струми, які утворюються внаслідок пульсацій магнітного потоку. Навколо осердя розміщено трубку 10 з електротехнічного картону, на яку кількома шарами намотано вторинну обмотку, виготовлену з великої кількості витків (17500-26000) емальованого проводу марки ПЕЛ діаметром 0,06-0,1 мм. Аби поліпшити ізоляцію, шари вторинної обмотки відокремлено один від одного конденсаторним папером. Перші та останні вісім рядів, де виникають найбільші потенціали, ізолювано чотирма-шістьма шарами, решту - двома шарами паперу. Щоб зменшити напругу між шарами, витки перших і останніх чотирьох рядів мотавуть з інтервалом 1-2 мм.

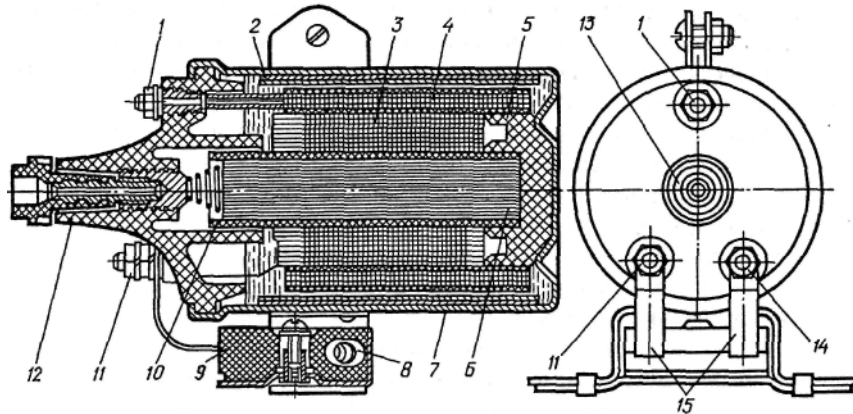


Рис. 6.9 - Котушка запалювання:

1, 11, 14- виводи низької напруги; 2 - магнітопровід; 3 - вторинна обмотка; 4 - первинна обмотка; 5 - ізолятор; 6 - осердя; 7 - кожух; 8 – додатковий резистор; 9 - керамічний ізолятор додаткового опору; 10- картонний ізолятор; 12 - кришка передня; 13 - вивід високої напруги; 15 - шини.

Поверхню вторинної обмотки ізолюють лакотканиною та кабельним папером. Фарфоровий ізолятор 5 запобігає пробиванню вторинної обмотки на кожух 7.

Поверх вторинної намотано первинну обмотку 4 (з проводу марки ПЕЛ діаметром 0,57-0,77 мм), що має порівняно невелику кількість витків - 250-300. Міжшарову ізоляцію первинної обмотки виготовлено з кабельного паперу. Завдяки тому, що первинну обмотку розміщено ближче до кожуха 7, поліпшено її охолодження. Навколо неї розміщено магнітопровід 2, який складається з двох розрізаних уздовж осі тонкостінних циліндрів із трансформаторної сталі.

Усю конструкцію розміщено в металевому кожусі 7. Герметичність котушки забезпечує прокладка між кожухом 7 і карболітовою кришкою 12. Внутрішню порожнину більшості котушок заповнюють трансформаторною оливою.

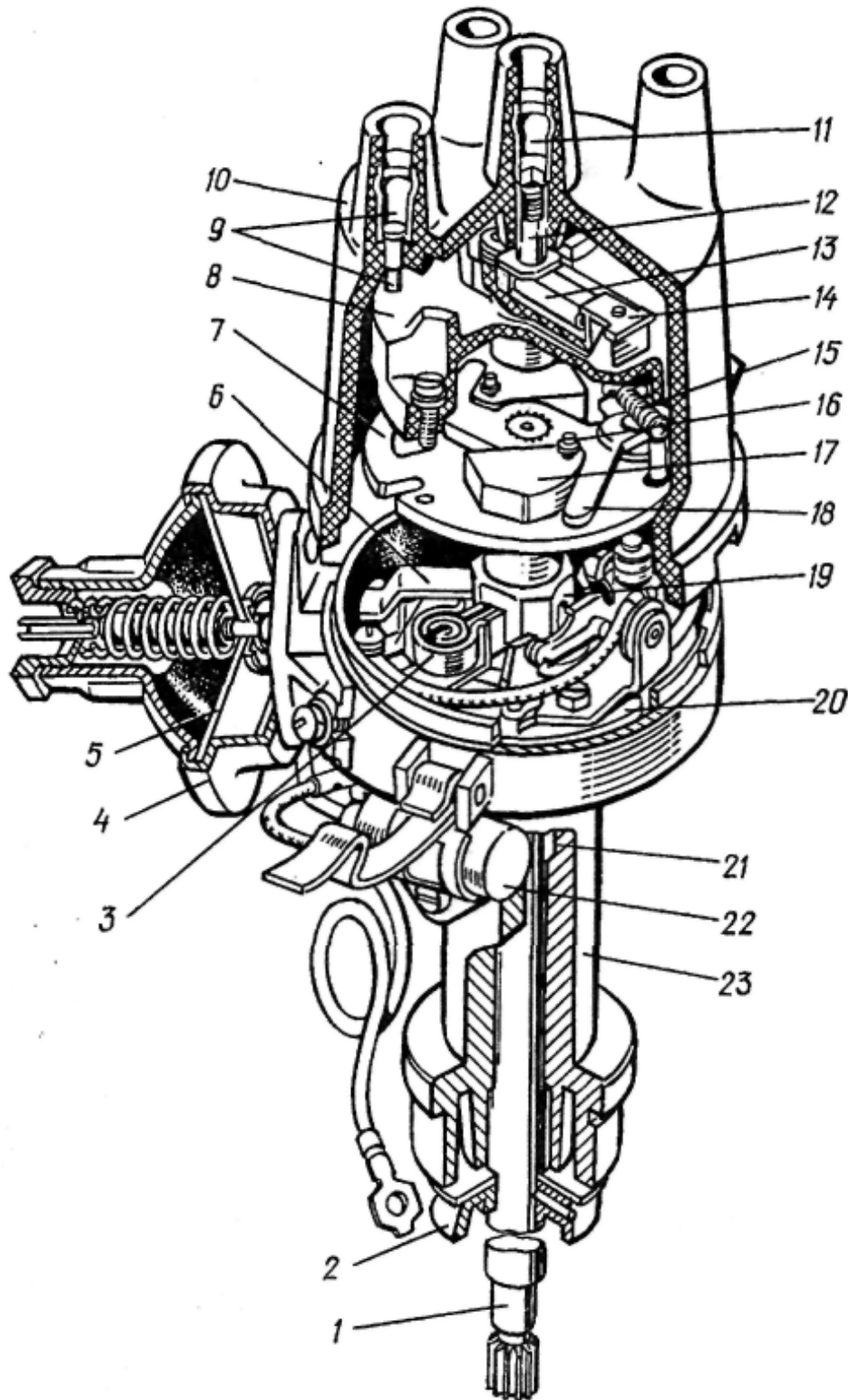
Додатковий резистор 8 виготовляють у вигляді спіралі з нікелевого дроту і прикріплюють у двох половинах керамічного ізолятора 9. Кінці спіралі приварено до двох шин 15, за допомогою яких резистор приєднують до виводів 11 та 14 котушки запалювання.

Усі виводи котушки запалювання розміщені на карболітовій кришці 12. Вторинну обмотку приєднано до високовольтного виводу 13 котушки. Спиральний кінець первинної й вторинної обмоток з'єднано з виводом 1, первинну обмотку - з виводом 11. До виводу 14 приєднано тільки шину від додаткового резистора.

Виводи 1 і 13 не маркують. Маркування виводу 11 - ВК, а виводу 14-ВК-Б.

**Розподільники запалювання.**

Розподільник призначений для розмикання первинного кола котушки запалювання, розподілу імпульсів високої напруги між циліндрами двигуна в необхідній послідовності, виставляння початкового кута випередження запалювання та автоматичного регулювання цього кута залежно від частоти обертання колінчастого вала і навантаження двигуна.



**Рис.6.10 – Будова розподільника запалювання**



## **Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду**

**2 - масловідбійна муфта; 3 - фільтр; 4 - вакуумний регулятор; 5 - діафрагма; 6 - тяга вакуумного регулятора; 7 - повідкова пластина кулачка; 8 - бігунець; 9 - бічний електрод; 10- кришка; 11 - центральний електрод; 12 - вугільний контакт із пружиною; 13 -резистор; 14 -ротор; 15- пружина; 16-вісьтягарця; 17-тягарець; 18- повідкова пластина тягарців; 19 - кулачковий вал; 20 –рухомий диск; 21 - втулка; 22 - конденсатор; 23 – корпус.**

Відцентровий регулятор закріплюють на верхній частині вала приводу, що дає змогу розміщувати кулачок 19 ближче до опори валика, завдяки чому зменшується спрацювання втулок і вплив люфтів у підшипниках вала на величину зазору між контактами переривача.

Нерухомий диск переривача розміщений всередині корпусу 23 і прикріплений до нього гвинтами, а рухомий диск 20 встановлюють на кульковому підшипнику, закріпленому в отворі нерухомого диска. На рухомому диску 20 закріплено утримувач рухомого контакту, який повертається навколо кулачка 19 і змінює зазор між контактами або кут їх замкненого стану.

Рухомий контакт, який до нерухомого притискує пластинчаста пружина, провідником з'єднано з ізольованим затискачем на корпусі. До нього прикріплюють і провідник від конденсатора, закріпленого на корпусі гвинтом.

Кришка розподільника 10 має фіксований паз, який забезпечує її встановлення на корпусі 23 у певному положенні. Центральний вивід кришки 11, до якої підведено високовольтний провід від котушки запалювання, з'єднано з електродом ротора 14 через приглушувальний резистор 13 з опором 6 кОм.

У бічних виводах 9, кількість яких дорівнює кількості циліндрів (у даному розподільнику їх 4), є металеві електроди, до яких ротор 14 підводить високу напругу.

Відцентровий регулятор працює так. Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала тягарці 17 під дією відцентрових сил, долаючи зусилля пружин 15, розходяться. Внаслідок цього штифти тягарців, які входять у прорізи повідкової пластини кулачка, повертають її у бік обертання вала розподільника на деякий кут.

Натяг пружин регулятора добирають так, щоб за рахунок кута випередження запалювання збільшити час, потрібний для згоряння суміші, оскільки зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала зменшується час на цикл і пальне не встигає згоріти.

Вакуумний регулятор змінює кут випередження запалювання залежно від розрідження під дросельною заслінкою карбюратора. За малих навантажень двигуна циліндри наповнені робочою сумішшю не повністю, а отже, в момент займання буде низький тиск. Водночас збільшується забруднення суміші залишковими газами, що зменшує швидкість згоряння. Тому потрібно збільшувати кут випередження запалювання при закритій чи маловідкритій дросельній заслінці.

Коли заслінка відкрита повністю, розрідження невелике і вакуумний регулятор не працює. В міру її прикривання (зі зменшенням навантаження двигуна) розрідження збільшується, діафрагма регулятора втягується, повертаючи тягою рухомий диск переривача в бік збільшення кута випередження запалювання.

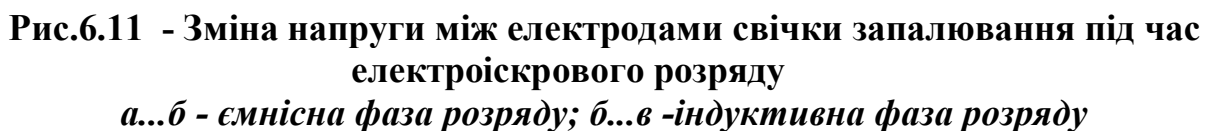
Важливим регульованим параметром розподільників є зазор між контактами переривача або кут замкненого стану контактів (КЗСК). Він дорівнює кутові повороту вала розподільника, за якого контакти переривача залишаються замкнені. Зі зменшенням КЗСК знижується струм первинного кола, за якого розмикаються контакти, а отже, і напруга у вторинному колі, що спричинює перебої у роботі системи запалювання. Оскільки КЗСК зменшується в міру спрацювання контактів, потрібно періодично його регулювати.

Значення КЗСК, які забезпечують нормальну роботу системи запалювання, вносять до технічних умов на розподільники. Ці значення становлять: для восьмиіскрових розподільників  $(30 \pm 3)^\circ$ , шестиіскрових -  $(39 \pm 3)^\circ$ , чотириіскрових -  $(44 \pm 3)^\circ$ .

Якщо різниця потенціалів на електродах свічки досягне значення пробивної напруги, то між електродами відбудеться електроіскровий розряд.

Максимальне значення пробивної напруги характерне для режимів пуску і розгону двигуна, мінімальне - для роботи в усталеному режимі.

Електроіскровий розряд є джерелом тепла, а також сильної іонізації і протікає практично миттєво. Температура в каналі розряду (іонізованого іскрового джгута) радіусом 0.2- 0.6 мм перевищує 10000 К. Електроіскровий розряд енергії, нагромадженої в котушці запалювання, завжди розпадається на дві фази: ємнісну та індуктивну (рис. 6.11).



## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

Ємнісна фаза - це розряд енергії, нагромадженої до моменту пробію в електричних полях системи запалювання. Ці поля утворюються в зосередженій ємності первинного і розподіленій ємності вторинного кіл вихідного каскаду системи запалювання. Оскільки іскровий проміжок сильно іонізований і його опір малий, струм ємнісної фази може досягати декількох десятків і навіть сотень амперів, однак тривалість цієї фази незначна - 1-3 мкс.

Індуктивна фаза розряду з'являється відразу за ємнісною як тліючий розряд у газах тієї частки енергії магнітного поля котушки запалювання, яка залишилася в ній після завершення ємнісної фази розряду. Тривалість індуктивної фази значно більша від ємнісної і досягає декількох мілісекунд, але струм тліючого розряду не перевищує десятків міліампер. Для систем запалювання з індуктивним нагромаджувачем енергія ємнісної фази знаходиться в межах 5-15 МДж, а індуктивної фази - 50-100 МДж.

У нормально працюючому двигуні робоча суміш у камері згоряння займається під час ємнісної фази розряду, коли температура в іскровому проміжку досягає максимального значення (10000 К і більше). Однак індуктивна фаза відіграє важливу роль в догорянні паливоповітряної суміші, особливо на низьких оборотах і в перехідних режимах роботи двигуна, та більше впливає на вихідні характеристики двигуна (потужність, економічність, токсичність). Ємнісна фаза, будучи первинним "палиєм" паливоповітряної суміші, визначає стійкість і ефективність роботи ДВЗ, а також є основним засобом стабільності і високоточного керування моментом запалювання в циліндрах ДВЗ. Варто зазначити, що ємнісна фаза супроводжується високочастотними коливаннями, які є джерелом радіоперешкод.

Робоча суміш у циліндрах карбюраторного двигуна запалюється електричною іскрою, що проскакує між електродами свічки запалювання. Повітряний проміжок між електродами свічки має великий електричний опір, тому між ними необхідно створити високу напругу, щоб виник іскровий розряд. Іскрові розряди мають з'являтися в певному положенні поршнів та клапанів у циліндрах і чергуватися відповідно до встановленого порядку роботи двигуна. Ці вимоги забезпечуються системою запалювання, що складається з джерела струму (акумуляторна батарея чи генератор), котушки запалювання 7, переривника 9, розподільника 11, конденсатора 10, свічок запалювання 13, вмикача (замка) запалювання 5, проводів високої 12 і низької 3 напруг.

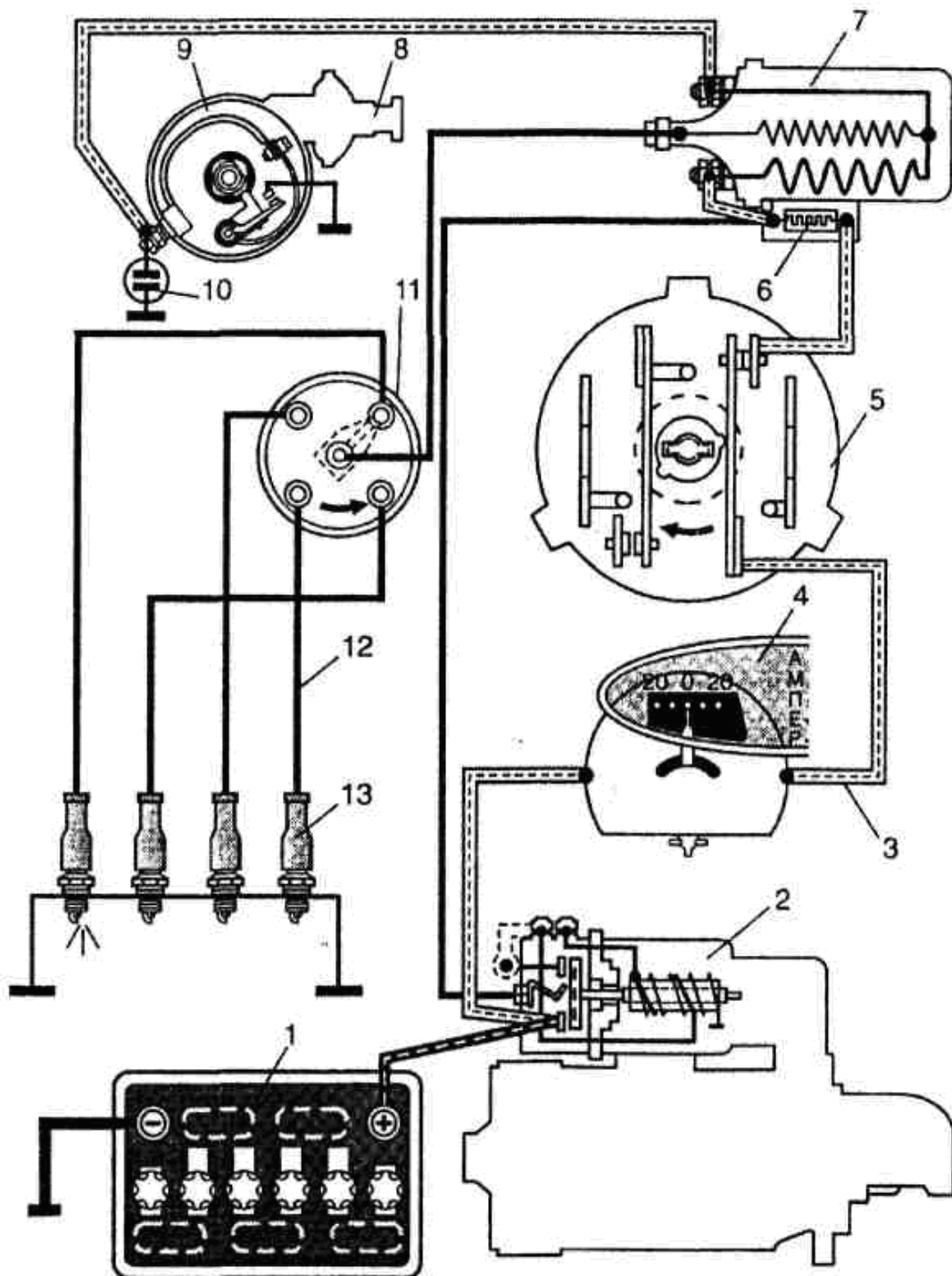
**Котушка запалювання** (рис. 6.12) призначена для перетворення струму низької напруги (надходить від акумуляторної батареї або генератора) на струм високої напруги. Це є підвищувальний трансформатор, в первинній обмотці якого проходить переривчастий струм низької напруги, а такий самий струм високої напруги створюється у вторинній обмотці.

Струм в **колі низької напруги** (рис. 6.12) проходить від плюсової клеми акумуляторної батареї (генератора) через вмикач запалювання, додатковий резистор, первинну обмотку котушки запалювання й контакти переривника на масу автомобіля, а далі - на мінусову клему акумуляторної батареї.

До **кола високої напруги** входять: вторинна обмотка котушки запалювання, розподільник і свічки запалювання, з'єднувальні проводи високої напруги. Котушка складається з осердя 3 (рис. 6.12) з надітою на нього ізолюваною втулкою 8, на яку намотуються вторинна 4 і поверх неї первинна 5 обмотки, ізолятора 7, карболітової кришки 2 із затискачами та корпусу з магнітопроводом 6. Ззовні на корпусі котушки встановлюють резистор 1, що є додатковим опором (двигун ГАЗ-24), який вмикається послідовно в коло

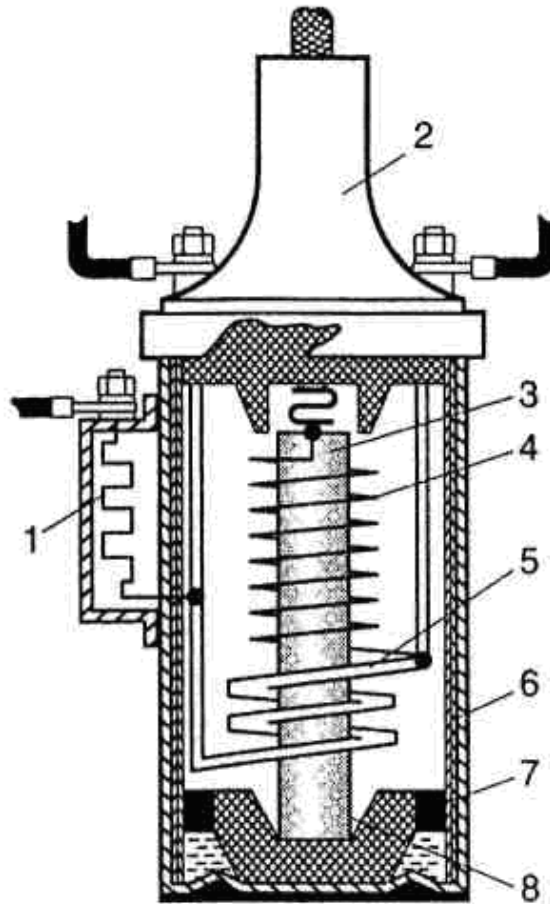
## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

первинної обмотки і зменшує її нагрівання під час роботи двигуна з малою частотою обертання колінчастого вала. На автомобілі ВАЗ котушка запалювання не має додаткового опору.



1 – аккумуляторна батарея; 2 – стартер; 3 – провід низької напруги; 4 – амперметр;  
5 – вмикач запалювання (замок); 6 – додатковий резистор; 7 – котушка запалювання;  
8 – вакуумний регулятор випередження запалювання; 9 – переривник; 10 – конденсатор;  
11 – розподільник; 12 – провід високої напруги; 13 – свічка запалювання

Рис.6.12 – Схема електроіскрового контактного запалювання



1 – додатковий резистор; 2 – кришка; 3 – осердя;  
4, 5 – відповідно вторинна й первинна обмотки;  
6 – кільцевий магнітопровід; 7 – ізолятор; 8 – ізолювальна втулка

**Рис.6.13 – Катюшка запалювання**

Коли в первинній обмотці проходить струм низької напруги, осердя намагнічується і навколо обох його обмоток створюється сильне магнітне поле. Після розмикання контактів переривника струм у первинній обмотці припиняється, створене ним магнітне поле зникає, перетинаючи витки вторинної обмотки, в якій наводиться ЕРС індукції. Значення цієї ЕРС пропорційне до швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує обмотки котушки. Завдяки великій кількості витків у вторинній обмотці й високій швидкості зникання магнітного поля напруга на вторинній обмотці досягає 20-24 кВ.

Водночас магнітні силові лінії перетинають витки первинної обмотки, в якій індукується ЕРС самоіндукції до 300 В, а також осердя, в якому з'являються вихрові струми, що спричиняють його нагрівання. Для зменшення нагрівання осердя виконують з окремих тонких сталевих пластин, ізольованих одна від одної окалиною.

Коли двигун працює з малою частотою обертання колінчастого вала, тривалість перебування контактів переривника в замкненому стані більша, і струм у первинному колі встигає досягти свого максимуму. В результаті ввімкнений у це коло резистор нагрівається,

## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

його опір збільшується, загальний опір первинного кола зростає, а, отже, сила струму в ньому зменшується, що знижує нагрівання котушки запалювання.

Коли частота обертання колінчастого вала збільшується, тривалість перебування контактів переривника в замкненому стані зменшується, й сила струму в первинній обмотці не встигає досягти максимального значення; тому температура додаткового резистора стає меншою, загальний опір первинного кола знижується, внаслідок чого струм у цьому колі незначно зростає.

Під час пуску двигуна стартером за допомогою тягового реле додатковий резистор закорочується, й у первинну обмотку надходить струм більшої сили. Це забезпечує збільшення магнітного потоку і дає змогу дістати вищу напругу у вторинному колі, чим полегшується пуск двигуна.

Електрорушійна сила самоіндукції, що наводиться в первинній обмотці котушки запалювання, під час розмикання контактів переривника спричиняє іскріння між ними й намагається підтримати струм у первинному колі, перешкоджаючи швидкому зникненню магнітного поля. Внаслідок цього у вторинній обмотці може індукуватися недостатня ЕРС.

Для захисту контактів переривника та збільшення ЕРС у вторинній обмотці котушки запалювання паралельно до контактів вмикається конденсатор, який на початку розмикання їх заряджається, завдяки чому зменшується іскріння між ними. Після повного розмикання контактів конденсатор розряджається через первинну обмотку котушки запалювання, створюючи в ній імпульс струму зворотного напрямку. Внаслідок цього прискорюється зникнення магнітного поля, що створюється первинною обмоткою, й істотно підвищується ЕРС, яка індукується у вторинній обмотці котушки.

**Розподільник запалювання** використовується для періодичного розмикання кола низької напруги та розподілу струму високої напруги за свічками запалювання відповідно до порядку роботи двигуна. Він складається з об'єднаних у спільному корпусі переривника струму низької напруги й розподільника струму високої напруги

Розподільник складається з ротора з розносною пластиною, карболітової кришки з вивідними бічними затискачами та центрального вугільного контакту. У гніздо центрального затискача вставляють провід високої напруги, що йде від котушки запалювання. Від бічних затискачів проводи приєднуються до свічок запалювання в порядку роботи двигуна в напрямку обертання ротора. Струм високої напруги подається через контактний вуглик на пластину ротора, а далі - на черговий бічний вивідний затискач і через провід високої напруги - на свічку запалювання.

Всередині розподільника встановлено **переривник**, привідний валик якого з'єднаний через **відцентровий регулятор** випередження запалювання з кулачком. Коли валик обертається, кулачок своїми виступами періодично відтискає рухомий контакт, який за допомогою пластинчастої пружини притискається до нерухомого, з'єданого з "масою". Таким чином, здійснюється переривання кола струму низької напруги в первинній обмотці котушки запалювання. Кількість виступів на кулачку відповідає кількості циліндрів, а частота обертання валика вдвоє менша від частоти обертання колінчастого вала. До корпусу переривника кріпиться **вакуумний регулятор** випередження запалювання.

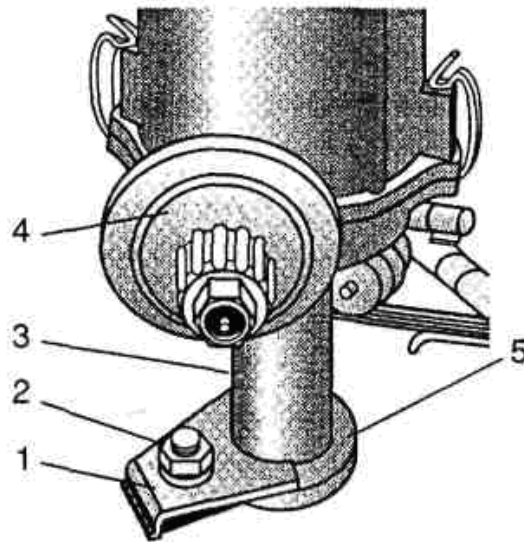
Потреба у встановлюванні пристроїв випередження запалювання пояснюється так. Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала швидкість згоряння робочої суміші майже не змінюється, а середня швидкість руху поршня істотно зростає, і за час згоряння суміші поршень встигає набагато відійти від верхньої мертвої точки ВМТ. Тому згоряння відбудеться в



## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

більшому обсязі, тиск газів на поршень зменшиться, двигун не розвиватиме повної потужності. Це зумовлює необхідність зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала запалювати робочу суміш з випередженням (до підходу поршня у ВМТ) з таким розрахунком, щоб суміш повністю згоріла до моменту переходу поршнем ВМТ (в найменшому об'ємі), тобто робити запалювання більш раннім. Чим вища частота обертання колінчастого вала, тим більшим має бути випередження запалювання.

За допомогою відцентрового регулятора здійснюється автоматичне випередження запалювання залежно від частоти обертання колінчастого вала. Випередження запалювання змінюється автоматично також залежно від ступеня відкривання дросельних заслінок за допомогою вакуумного регулятора. Крім того, всі розподільники мають також ручне регулювання випередження запалювання, що здійснюється залежно від октанового числа палива за допомогою *октан-коректора* (рис. 6.14).



1 – стопорна пластина; 2 – гайка; 3 – корпус розподільника; 4 – вакуумний регулятор випередження запалювання; 5 – диск із поділками

Рис. 6.14 – Октан – коректор розподільника запалювання (двигуна ВАЗ-2105)

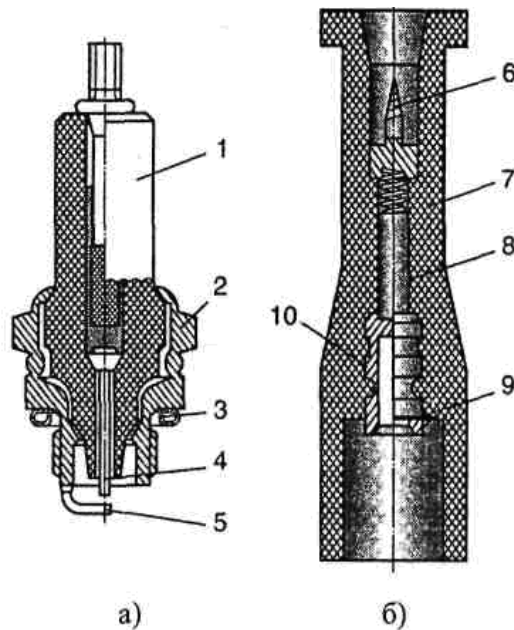
Контактна система запалювання не може забезпечити надійну роботу двигунів із більш високим ступенем стисання й частотою обертання колінчастого вала, а також з більшою кількістю циліндрів. Для підвищення напруги на вторинній обмотці і енергії іскри потрібно збільшувати силу струму в первинній обмотці котушки запалювання, а це зумовлює збільшення іскріння на контактах, швидке спрацювання їх і порушення регулювання.

У контактно-транзисторній системі запалювання, в якій немає конденсатора, коло в первинній обмотці розривається транзистором. Водночас через контакти переривника проходить струм силою в 0.7 А, що не спричиняє підгоряння контактів. Ще ефективнішою є безконтактна система запалювання, яка встановлюється на легкових автомобілях ВАЗ-2108, 2109 тощо.

**Свічка запалювання** призначена для створення іскрового проміжку в колі високої напруги з метою запалювання робочої суміші в циліндрі двигуна. Вона складається зі сталевого корпусу 2 (рис. 6.15, а), всередині якого встановлюється керамічний ізолятор 1. Всередині ізолятора

## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

розміщено центральний електрод 4, верхня частина якого сталева, а нижню частину виконано зі сплаву нікелю та марганцю. Бічний електрод 5 виготовляють з такого самого сплаву. Проводи високої напруги кріпляться на центральних електродах свічок за допомогою спеціальних пластмасових наконечників (рис. 6.15, б) з установленими в них заглушувальними резисторами 8.



1 – ізолятор; 2 – корпус; 3 – прокладка; 4, 5 – відповідно центральний і бічний електроди;  
6 – різьбовий стрижень; 7 – корпус наконечника; 8 – заглушувальний резистор;  
9 – пружинне кільце; 10 – контактна втулка

**Рис. 6.15 – Свічка запалювання (а) та наконечник (б)**

Під час роботи двигуна на частину свічки, розташовану в камері згоряння, потрапляє олива, яка утворює нагар. Це призводить до виникнення струмів спливу. Нагар на тепловому конусі ізолятора зникає в разі нагрівання його до 400...500 °С. Якщо температура теплового конуса ізолятора перевищить 850...900 °С, то може виникнути жарове запалювання.

Температура в межах 400...900 °С називається *тепловою границею працездатності свічки* й визначається довжиною теплового конуса (короткий конус мають холодні свічки, довгий - гарячі, причому маркуються вони жаровим числом: 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26; чим менше це число, тим гарячіша свічка).

### 6.5 Електроіскрові свічки запалювання

Важливим елементом запалювання є свічка. Від досконалості її конструкції та правильного добору до двигуна багато в чому залежить надійність роботи системи запалювання і двигуна.

Свічка на двигуні працює у важких умовах. Вона зазнає високих механічних і теплових навантажень, а також електричних та хімічних дій. Температура в камері згоряння коливається від 70 до 2700 °С, а повітря, що оточує ізолятор свічки в підкапотному просторі двигуна, може мати температуру від -60 до +100 °С. Через нерівномірне нагрівання окремих ділянок свічки в ній виникають теплові деформації, які небезпечні для матеріалів із різними коефіцієнтами лінійного розширення (метал,



## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

кераміка). На поверхні свічки, вкрученої у камеру згорання, діє тиск до 10 бар. Свічка зазнає, крім того, дії імпульсів високої електричної напруги (до 26 кВ) і хімічної дії продуктів згорання.

У процесі роботи двигуна внаслідок неповного згорання пального на поверхні теплового конуса електродах і стінках камери свічки утворюється нагар, який шунтує іскровий зазор. Втеча струму, а іноді й розряду може статися на зовнішній поверхні ізолятора, коли вона забруднена чи покрита вологою. В процесі роботи двигуна зазор у свічці збільшується в середньому на 0,015 мм на 1 тис. км пробігу автомобіля.

Свічка (рис. 6.16, а) складається з ізолятора 1, корпусу 4, центрального 7 і бічного 8 електродів. Для герметизації свічки щодо центрального електрода застосовують термоцемент, а останнім часом - струмопровідний склогерметик 3. Герметичність між ізолятором і корпусом свічки забезпечують прокладкою 5, а також завальцьовуванням корпусу на плечко ізолятора.

У свічках деяких типів тепловий конус ізолятора виходить за торець нижньої частини корпусу, завдяки чому він краще охолоджується під час впуску холодної суміші і тепловий діапазон роботи свічки розширюється.

Для форсованих двигунів нині використовують свічки, центральний електрод яких виготовлено і покрито нікельхромовою, срібною чи платиною оболонкою.

На рис. 6.16, б наведено екрановану холодну герметизовану свічку. Ізолятор свічки повинен мати високу механічну та електричну міцність, корозійну стійкість, стійкість проти змочування, не вбирати вологу і мати високу питому теплопровідність. Він виготовляється з керамічного матеріалу з високим вмістом оксиду алюмінію: ураліт, борокорунд, синоксаль та ін.

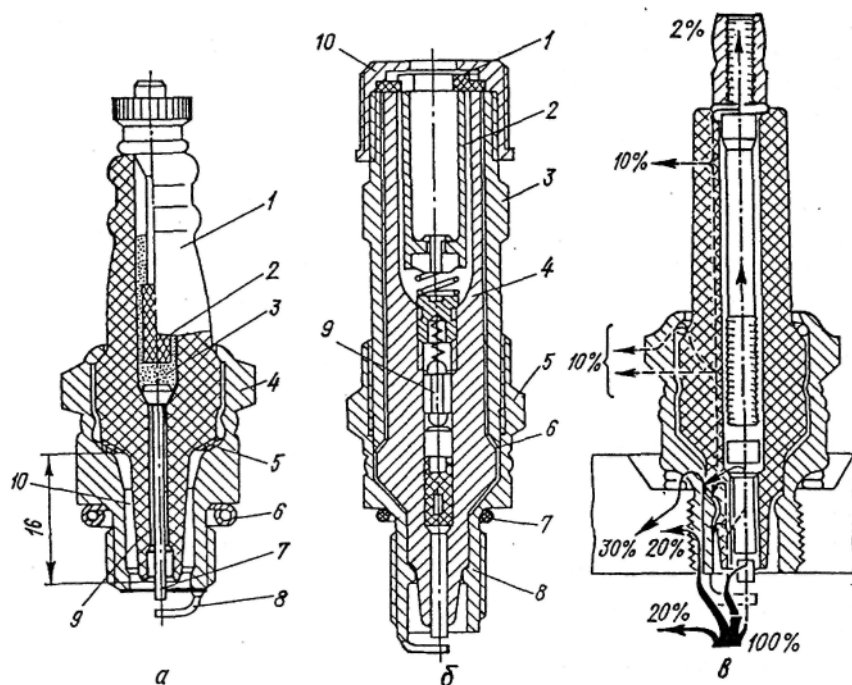


Рис. 6.16 - Свічки запалювання

*а - конструкція гарячої свічки:*

*1 - ізолятор; 2 - контактна головка; 3 - струмопровідний склогерметик;*

*4 - корпус; 5,6 — прокладки; 7 - центральний електрод; 8 - бічний електрод;*

*9 - тепловий конус; 10 — робоча камера;*

***б - конструкція холодної екранованої свічки:***

*1 - гумове ущільнення; 2 - контактний пристрій; 3 - екран; 4 - ізолятор;*

*5 - корпус із боковим електродом; 6 — шайба; 7' — ущільнювальне*

*кільце; 8 - тепловідна шайба; 9 — завадоприглушувальний резистор;*

*10- накидна гайка;*

***в - тепловий баланс свічки***

Матеріал центрального електрода повинен мати високу корозійну та ерозійну жаростійкість і добру теплопровідність. Центральні електроди виготовляють із хромотитанової сталі 13Х25Т, а в свічках деяких типів - із ніхром Х20Н80; бічні електроди - із нікель-марганцевого сплаву (наприклад, НИ5), корпус свічки та контактну головку з конструкційних сталей.

Далі розглянемо теплову характеристику і маркування свічок. Свічка нормально працює при температурі теплового конуса ізолятора від 400-500 до 850-900 °С. Нагар на теплому конусі ізолятора зникає (відлущується) після нагрівання його до температури 400-500 °С, яку називають температурою самоочищення свічки. Коли температура деталей свічки перевищить 800-900 °С, може виникнути передчасне займання суміші (жарове запалювання) під час процесу стискування, ще до моменту появи іскри.

Теплота, підведена до свічки (див. рис. 6.16, в), відводиться від неї через різні елементи конструкції (корпус - 10%, ізолятор - 10%, центральний електрод - 30%) і через робочу суміш, яка надійшла до камери згоряння - 20%). Діапазон зміни температури для всіх свічок майже однаковий, а теплові умови їхньої роботи на різних двигунах дуже відмінні. Тому одна й та сама свічка може мати температуру ізолятора на одному двигуні нижчу температури самоочищення, а на другому - вищу температури жарового запалювання. У зв'язку з цим випускаються свічки запалювання з різною тепловіддачею. Для кожного типу двигуна підбирається свічка з такою тепловіддачею, за якої температура ізолятора буде в необхідних межах. Різна тепловіддача у свічок різних типів виходить за рахунок зміни деяких конструктивних розмірів, головним чином довжини та діаметра теплового конуса (юбки) ізолятора. Чим більша довжина теплового конуса, а отже, більша площа поверхні, тим більше теплоти набере ізолятор і тим меншими будуть ступінь стискування і температура згоряння в камері двигуна, в іншому випадку ізолятор перегріється. На рис. 6.16, а наведена свічка з великою, а на рис. 6.16, б - з малою довжиною теплового конуса ізолятора. Мабуть, при роботі на одному і тому самому двигуні температура кінця ізолятора та центрального електрода у свічки на рис. 6.16, а буде вища, ніж у свічки на рис. 6.16, б. Тому свічку з більшою довжиною юбки називають гарячою, а з малою - холодною.

На високооборотних форсованих двигунах з високим ступенем стискування свічці передається значно більша кількість теплоти, ніж на низькооборотних двигунах із малим ступенем стискування. Тому для перших застосовуються холодні свічки, а для других - гарячі свічки.

Кількість теплоти, яка передається свічці, залежить не тільки від типу двигуна, а й від режиму його роботи (рис. 6.17). Дуже гаряча свічка забезпечує самоочищення під час обертів холостого ходу, проте при високій частоті обертання спричинить жарове запалювання. Дуже холодна свічка не забезпечить самоочищення на значній частині робочого діапазону частоти обертання. Правильно підібрана свічка не спричинює жарове

## Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду

запалювання при високих частотах обертання, проте за малих обертів не забезпечує і самоочищення. Ця обставина не призводить до порушення роботоздатності системи запалювання, оскільки двигун працює, як правило, в змінному режимі, при змінних частотах обертання й відкриття дросельної заслінки. Отже, змінюється і температура теплового конуса. Якщо ця температура нижче самоочищення, на ізоляторі осідають струмопровідні частинки нагару, але при черговому підвищенні температури ці частинки згоряють.

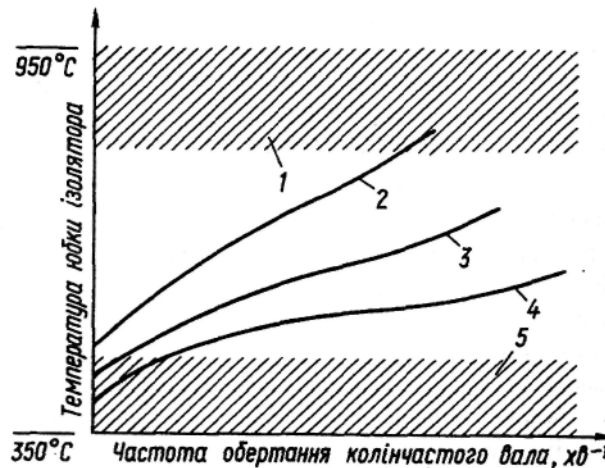


Рис. 6.17 - Залежність температури теплового конуса ізолятора свічки від частоти обертання колінчастого вала:

*1 - зона жарового запалювання; 2 - дуже гаряча свічка; 3 - правильно підібрана свічка; 4 - дуже холодна свічка; 5 - зона відсутності самоочищення*

З викладеного вище зрозуміло, чому двигун не може тривалий час працювати в режимі, значно відмінному від звичайного. Може бути доцільним заміна свічок для даного двигуна на свічки з іншою тепловіддачею.

Теплопровідність ізолятора та його робоча температура є основними показниками для визначення жарового числа свічки.

Фізично жарове число характеризує спроможність свічки працювати в умовах еталонного двигуна без жарового запалювання. Можливі різні методи оцінки жарового числа свічки. На Україні під жаровим числом розуміють значення середнього індикаторного тиску еталонної одноциліндрової установки зі змінним ступенем стискування, при якому виникає жарове запалювання.

У деяких зарубіжних країнах під жаровим числом розуміють час, протягом якого еталонний двигун працює до початку жарового запалювання. Так, жарові числа свічок запалювання німецької фірми «Бош» становлять 45-280 од.

У країнах СНД та на Україні жарове число вибирають із такого ряду чисел: 8; 11; 14; 17; 20; 23; 26.

**Іскрові свічки за конструктивним виконанням різняться діаметром різьби та типом ущільнення, довжиною різьби на корпусі, жаровим числом. Свічки в країнах СНД маркують так:**

- перша літера містить діаметр різьби на корпусі: А-М14 х 1,25; М-М18х1,5;
- друга літера характеризує особливості конструкції свічки: К - конусним ущільненням без прокладки; М - малогабаритна;
- після літер вказується жарове число з наведеного вище ряду;

## **Лекція 6 – Особливості електроіскрового розряду**

- після жарового числа можуть бути літери Н або Д, які означають довжину різьбової частини корпусу: Н = 11 мм, Д = 19 мм. Якщо літер немає, то це означає, що довжина становить 12 мм;

- літера В означає, що тепловий конус ізолятора виступає за корпус;

- літера Т означає, що герметизація на з'єднанні «ізолятор - центральний електрод» виконана термоцементом.

Якщо немає позначень на другій, четвертій, п'ятій та шостій позиціях, то це означає, що свічка не має конструктивних особливостей, довжина її різьбової частини становить 12 мм, тепловий конус ізолятора не виступає за корпус, а герметизацію на з'єднанні «ізолятор - центральний електрод» виконано іншим герметиком, ніж термоцемент.

Зразок умовного позначення свічки запалювання з різьбою на корпусі М14 х 1,25, жаровим числом 20, довжиною різьбової частини корпусу 19 мм, яка має тепловий конус ізолятора, що виступає за торець корпусу -А20ДВ.

При правильному регулюванні карбюратора, відповідності свічки двигуну за жаровим числом і хорошому стані циліндропоршневої групи тепловий конус ізолятора свічки може мати колір від сіро-жовтого до коричневого. Білий колір ізолятора означає збіднену суміш, що готує карбюратор, або те, що свічка за жаровим числом є дуже гарячою.

Якщо тепловий конус покритий оксамитовим матово-чорним нагаром, то в карбюраторі готується дуже збагачена суміш або свічка холодна (має жарове число, вище за потрібне).

Якщо нагар маслянистий і щільний, то це свідчить про значне спрацювання циліндропоршневої групи або про те, що підібрана дуже холодна свічка.

Якщо електрод, особливо центральний, має сильну ерозію, чи на тепловому конусі є краплі розплавленого металу, то це означає, що робоча суміш дуже збіднена або негерметично закріплено свічки.

### **Контрольні питання:**

2. Які ставляться вимоги до елементів системи запалювання?
3. Як класифікуються системи запалювання?
4. Який принцип роботи класичної системи запалювання?
5. Яка будова катушки запалювання?
6. Яка будова розподільника запалювання?
7. Який принцип роботи контактної системи запалювання?
8. Яка будова свічки запалювання?
9. Як маркуються електроіскрові свічки запалювання?

**Тема 7 Транзисторні системи запалювання**

**7.1 Контактно-транзисторне електроіскрове запалювання**

**7.2 Принцип дії магнітоелектричного датчика. Принцип дії датчика Холла.**

**7.3 Давачі електронних системи запалювання**

**7.4 Безконтактна транзисторна система запалювання**

**7.5 Безконтактна система запалювання з нерегульованим часом нагромадження енергії**

**7.6 Безконтактна система запалювання з регульованим часом нагромадження енергії**

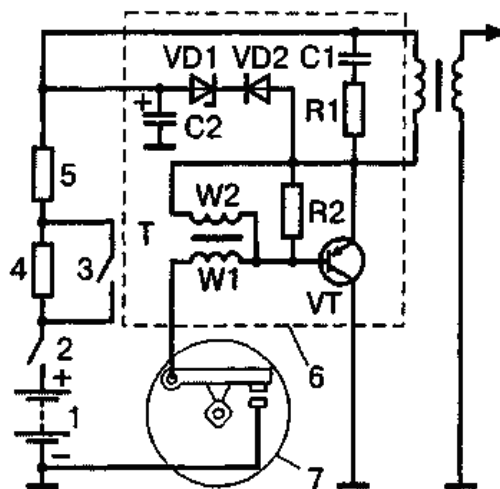
**7.7 Система автоматичного керування економайзером примусового неробочого ходу**

**7.1 Контактно-транзисторне електроіскрове запалювання**

Контактно-транзисторне електроіскрове запалювання стало перехідним етапом від контактних до безконтактних електронних систем.

В такій схемі немає такого недоліка контактної системи, як підгоряння і зношування контактів переривника, які комутують коло з індуктивністю і значною силою струму. У контактнотранзисторній системі первинне коло обмотки котушки комутує транзистор, керований контактами переривника.

З застосуванням контактнотранзисторної системи на автомобілі з'явився новий блок - електронний комутатор, що поєднує в собі силовий комутуючий транзистор і елементи схеми його керування і захисту. На рис. 7.1 показана схема контактнотранзисторного запалювання з комутатором ТК102, що забезпечує запалювання восьмициліндрових двигунів автомобілів (наприклад ГАЗ).



**Рис. 7.1 – Схема контактнотранзисторної системи електроіскрового запалювання з комутатором ТК102**

**1-аккумуляторна батарея; 2,3- контакти вмикача запалювання; 4,5 – додаткові резистори; 6- комутатор; 7- переривник**

Під час замикання контактів переривника через них починає протікати базовий струм транзистора VT, який відкривається і вмикає первинне коло котушки запалювання в мережу.

## **Лекція 7 — Транзисторні системи запалювання**

З розмиканням контактів переривника транзистор VT закривається, струм у первинному колі різко переривається і на свічках з'являється сплеск високої напруги, як це було й у контактній системі.

Характеристики контактно-транзисторної системи аналогічні до контактної, за винятком того, що немає зниження вторинної напруги на низьких частотах обертання кулачка переривника. Імпульсний трансформатор Т в схемі прискорює запирання транзистора, коло VD1, VD2 захищає транзистор від перенапруг, а конденсатор C2 - від випадкових імпульсів напруги в колі живлення. Конденсатор C1 сприяє зменшенню комутаційних втрат у транзисторі. Додатковий резистор R4 закорочується в момент пуску.

Термін служби контактів переривника в контактно-транзисторній системі більший, ніж у контактній, тому що базовий струм, який вони комутують, -невеликий. Однак механічне зношування переривникового механізму, вплив вібрацій на роботу контактів у системі не ліквідовано. Сьогодні випускаються різні електронні блоки, що поліпшують роботу контактної системи запалювання і фактично перетворюють її в контактно-транзисторну.

### **7.2 Принцип дії магнітоелектричного датчика. Принцип дії датчика Холла**

Практично для безконтактних систем запалювання найбільше використовуються магнітоелектричні датчі (МЕД) і датч Холла (ДХ).

МЕД бувають генераторного і комутаторного типів. У генераторному датчі обертається постійний магніт, вставлений усередину кігтеподібного магнітопроводу. При цьому в котушці, намотаній на цей кігтеподібний магнітопровід, наводиться ЕРС.

У МЕД комутаторного типу обертається зубцевий ротор з магнітом'якого матеріалу, а магніт - нерухомий. ЕРС у котушці наводиться за рахунок зміни величини її магнітного потоку внаслідок сходження і розходження виступів статора і ротора. Недоліком МЕД є залежність вихідного сигналу від частоти обертання, а також значна індуктивність котушки, яка вносить запізнення в коло проходження сигналу.

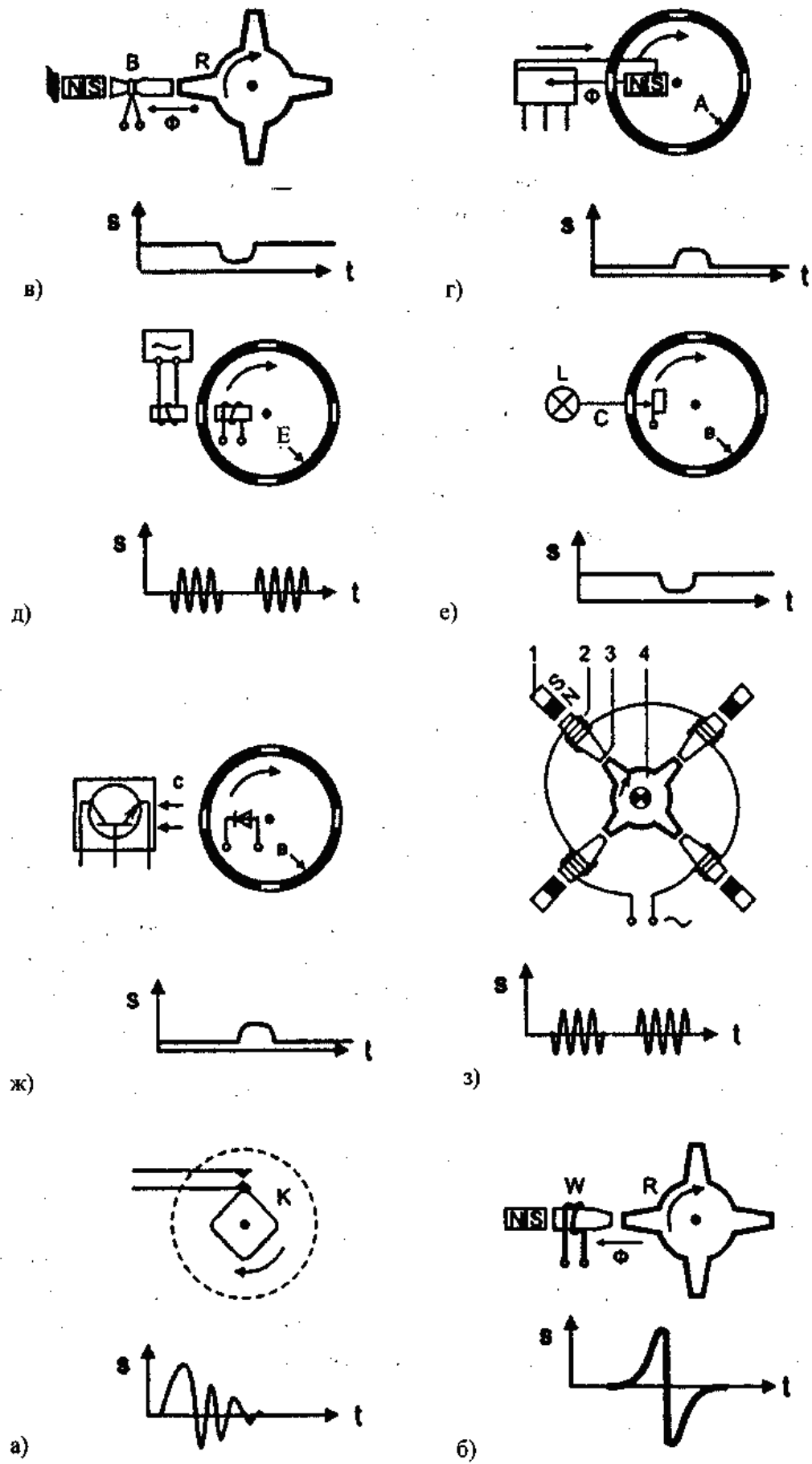
Таких недоліків немає датч Холла. Його особливість полягає в тому, що ЕРС, яка знімається з двох граней його чутливого елемента, пропорційна добутку сили струму, підведеного до двох інших граней, на індукцію магнітного поля, що пронизує датч. У реальних системах магнітне поле створюється нерухомим магнітом, який відділений від датча магнітом'яким екраном з прорізами. Якщо між магнітом і чутливим елементом знаходиться сталевий виступ, то магнітний потік шунтується і на датч не проходить, ЕРС на виході чутливого елемента є відсутня. Проріз безперешкодно пропускає магнітний потік, і на виході елемента з'являється ЕРС.

Переважно датч Холла сполучають з мікросхемою, що стабілізує його струм живлення і підсилює вихідний сигнал. У реальному датчі ця схема інвертує сигнал, тобто напруга на його виході з'являється тоді, коли виступ екрана проходить повз чутливий елемент.

В електронних системах запалювання основний сигнал запалювання формується з застосуванням часово-імпульсного способу перетворення інформації від вхідних датчів (перетворенням часу протікання самого процесу в тривалість електричного імпульсу). В таких схемах контролер містить електронний хронометр і керується аналоговими сигналами.

### **7.3 Датчі електронних систем запалювання**

В електронних системах запалювання контактний переривник замінений безконтактними датчами. Для цього використовуються різноманітні датчі, спектр яких показаний на рис. 7.2 :



**Рис. 7.2 – Давачі для безконтактних систем запалювання**

## Лекція 7 — Транзисторні системи запалювання

а - контактна пара переривника-розподільника батареїної і контактної-транзисторної систем запалювання. Недолік - нестабільність сигналу;

б - магнітоелектричний давач частоти обертання ДВЗ. Генерує одиничний імпульс в момент замикання магнітного потоку  $\Phi$  внаслідок відповідної орієнтації феромагнітного ротора R через магнітопровід обмотки W давача. Недолік - нестабільний сигнал на малих оборотах ротора;

в - ферорезистивний давач. Змінюється опір ферорезистора В під час зміни магнітного потоку  $\Phi$ , створеного постійним магнітом. Сигнал залежить від температури;

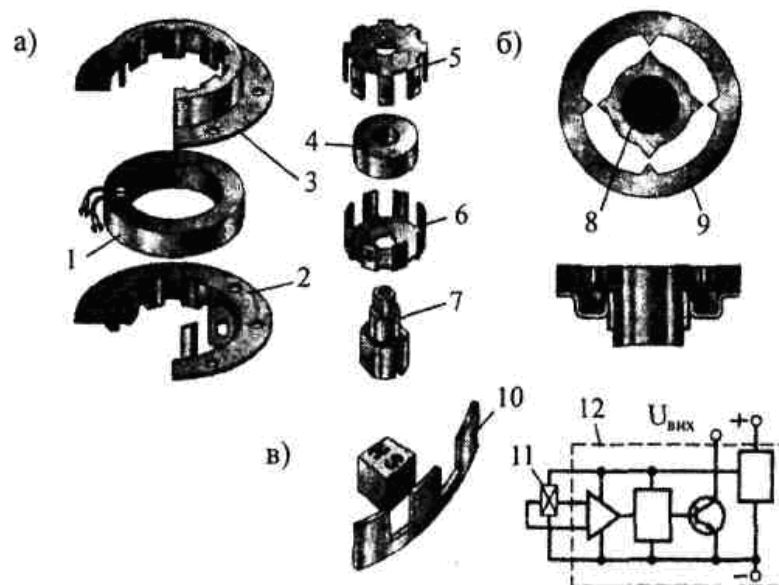
г - давач Холла: давач частоти обертання ДВЗ. Переривається магнітний потік  $\Phi$  постійного магніту за допомогою атенюатора А. Недолік - складність у виготовленні. Перевага - стабільність сигналу на будь-якій частоті обертання;

д- електрогенераторний давач частоти обертання ДВЗ. Перериває електромагнітне високочастотне поле металевим екраном Е. Недолік - складна схема; перевага - цифрове значення швидкості обертання;

є - фотоелектричний давач частоти обертання ДВЗ. Недолік - низька надійність; перевага - простота;

ж - оптоелектронний давач. Перериває світловий потік С між елементами світлопарі (світловий діод і фототранзистор). Недолік - забруднення оптичного каналу; перевага - можливість застосування частотної модуляції світлового каналу;

з - генераторний давач з частотною модуляцією. На основі зриву автоко-ливань генератора. Недолік - складність; перевага - незалежність амплітуди сигналу від частоти обертання ротора.



а – магнітоелектричний генераторний з кігтеподібним статором;  
б – магнітоелектричний комутатор; в – давач Холла;  
1 – котушка; 2, 3 – кігтеподібні половини статора; 4 – магніт;  
5, 6 – кігтеподібні половини ротора; 7 – привідна втулка;  
8 – зубцевий ротор; 9 – зубцевий статор; 10 – екран (шторки);  
11 – чутливий елемент давача Холла; 12 – мікросхема

Рис.7.3 - Давачі безконтактної системи запалювання



#### 7.4 Безконтактно – транзисторна система запалювання

Схемна реалізація безконтактно-транзисторної системи запалювання показана на рис. 7.4.

Вихідний каскад ВК з транзисторним ключем VT3 має додаткові елементи: VD1 - діод для захисту транзисторного ключа VT3 від проходження зворотного струму під час ємнісної фази розряду, коли є зворотна півхвиля напруги в первинній обмотці котушки запалювання (також під час протилежного під'єднання АКБ); VD2 - стабілізуючий діод для обмеження величини спаду напруги на переході емітер-колектор транзистора VT3 (захист від перенапруг).

Конденсатор C1 з первинною обмоткою котушки запалювання створюють коливний контур форсованого збудження, що збільшує швидкість наростання напруги запалювання. Резистор R3 обмежує струм розряджання конденсатора C1 через відкритий ключ VT3. Для стабільної роботи ключа VT3, з формуванням крутого фронту імпульсу струму в первинній обмотці котушки та постійної амплітуди, керуючий (базовий) імпульс струму транзистора VT3 повинен мати крутий фронт і досить велику амплітуду для глибокого насичення транзистора. Для цього встановлено попередній підсилювач-обмежувач на транзисторі VT1 і стабілізуючий транзистор зворотного зв'язку VT2.

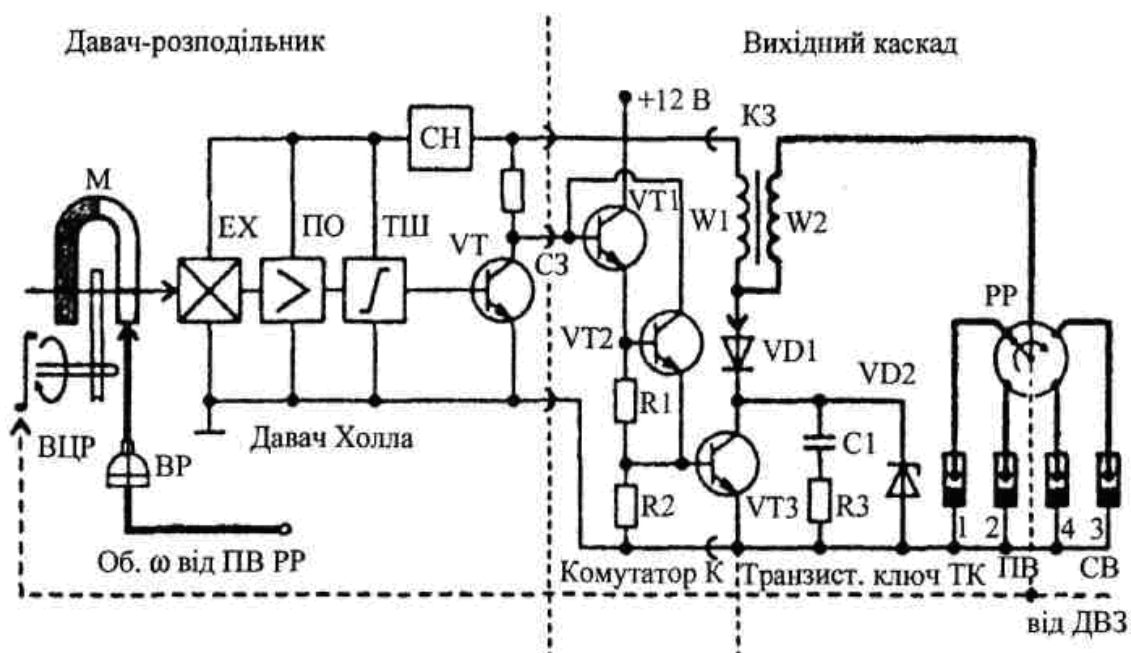


Рис.7.4- Безконтактно-транзисторна система запалювання

Давач-розподільник має механічний пристрій керування моментом запалювання, який складається з магнітної системи М датчика Холла, підсилювача-обмежувача ПО, тригера Шмітта ТШ, розподільчого транзистора VT і стабілізатора напруги СН. Крім того, є відцентровий ВЦР і вакуумний ВР регулятори та ротаційний високовольтний розподільник РР.

Момент запалювання в безконтактно-транзисторній системі, як і в контактних системах, формується електромеханічним пристроєм керування - безконтактним датчем на розподільнику. Це є один з недоліків. Другим недоліком є наявність в системі ротаційного високовольтного розподільника.

Найбільш простою у схемному і функціональному виконанні є безконтактна система запалювання з нерегульованим часом нагромадження енергії.

### 7.5 Безконтактна система запалювання з нерегульованим часом нагромадження енергії

Така система запалювання принципово відрізняється від контактної-транзисторної тим, що в ній контактний переривник замінено на безконтактний датчик. На рис. 7.5 показана схема з комутатором 13.3734-0 (автомобіль "Волга").

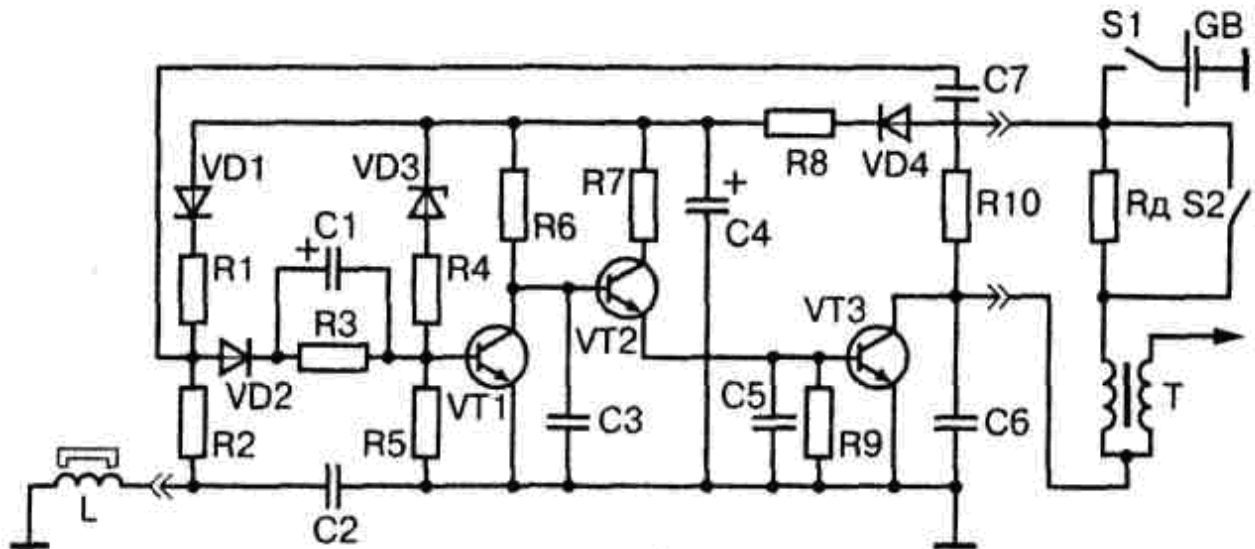


Рис.7.5 – Принципова електрична схема безконтактної системи запалювання з комутатором 13.3734-01

Сигнал з обмотки L магнітоелектричного датчика через діод VD2, що пропускає тільки додатну півхвилю напруги, і резистори R2, R3 подається на базу транзистора VT1. Транзистор відкривається, шунтує перехід база-емітер транзистора VT2, який закривається. Закривається і транзистор VT3, струм у первинній обмотці котушки запалювання переривається і на виході вторинної обмотки виникає висока напруга. У від'ємну півхвилю напруги транзистор VT1 закритий, відкриті VT2 і VT3, і струм починає протікати через первинну обмотку котушки запалювання. Очевидно, що кількість пар полюсів датчика повинна відповідати кількості циліндрів двигуна.

Контур R3-C1 здійснює фазозсувні функції, компенсуючи фазове запізнення в протіканні струму бази транзистора VT1 через значну індуктивність обмотки датчика L, що зменшує похибку визначення моменту появи іскри.

Стабілітрон VD3 і резистор R4 захищають схему комутатора від підвищення напруги в аварійних режимах, коли напруга бортової мережі перевищує 18 В, тоді VD3 починає пропускати струм, транзистор VT1 відкривається і закривається вихідний транзистор VT3. Конденсатори C3, C4, C5, C6 захищають від небезпечних імпульсів напруги; діод VD4 захищає схему від зміни полярності напруги в бортовій мережі.

Форма і величина вхідної напруги магнітоелектричного датчика змінюються з частотою обертання, що впливає на момент виникнення іскри. У системі, крім того, не ліквідований істотний недолік контактної системи запалювання - зменшення вторинної напруги з ростом частоти обертання колінчастого вала. Тому більш перспективною є система з регулюванням часу нагромадження енергії.

### 7.6 Система запалювання з регулюванням часу нагромадження енергії

Регулюючи час нагромадження енергії, тобто той час, коли первинне коло котушки запалювання підключене до мережі живлення, можна зробити тривалість протікання струму у цьому колі незалежною чи мало залежною від частоти обертання колінчастого вала двигуна, а значить, позбутися недоліку контактної системи запалювання - зниження вторинної напруги з ростом частоти обертання.

Принцип такого регулювання полягає в тому, щоб з ростом частоти обертання збільшити відносний час вмикання котушки запалювання в мережу так, щоб абсолютний час вмикання залишався незмінним. На рис. 7.6 показана система запалювання автомобіля ВАЗ-2108 з електронним комутатором 36.3734-20 і давачем Холла.

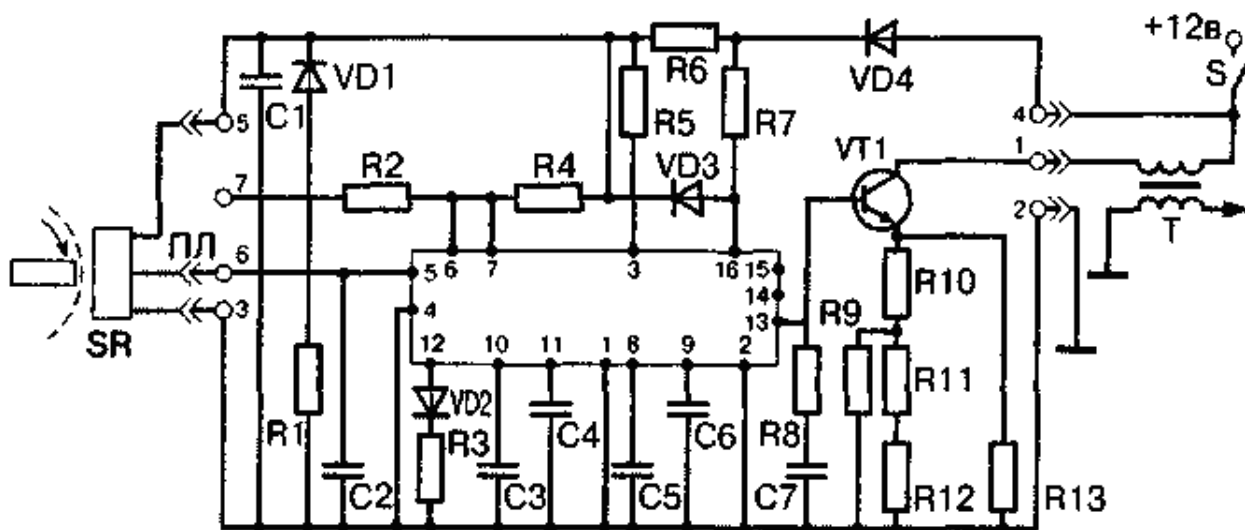


Рис. 7.6 – Принципова електрична схема системи запалювання 36.3734-20

У комутаторі застосована мікросхема L497B. Стабілізація вторинної напруги досягається в схемі двома шляхами: по-перше, регулюванням часу перебування транзистора VT1 у відкритому стані, тобто часу включення первинного кола котушки запалювання в мережу; по-друге, обмеженням сили струму в первинному колі до значення 8 А. Таке обмеження, крім того, запобігає перегріванню котушки.

Схема працює так. З давача Холла на вхід комутатора поступає сигнал прямокутної форми, який приблизно на 3 В менший від напруги живлення, з тривалістю, яка визначається відповідним проходженням виступів екрана поблизу чутливого елемента давача. Нижній рівень сигналу 0.4 В виникає під час проходження прорізу.

У момент переходу від високого рівня сигналу до низького виникає іскра. В мікросхемі комутатора сигнал для блока формування періоду нагромадження енергії спочатку інвертується, потім інтегрується. На виході інтегратора утворюється пік напруги, тим більший, чим менша частота обертання двигуна. Ця напруга подається на вхід компаратора, на другий вхід якого подано підпорну напругу. Компаратор перетворює величину напруги в час. Сигнал на вході компаратора з'являється тоді, коли значення пилоподібної напруги досягає підпорного і перевищує його.

За великої частоти обертання пилоподібна напруга мала, відповідно і мала тривалість сигналу на виході компаратора. Зі зникненням вихідного сигналу компаратора в схемі керування

## **Лекція 7 — Транзиторні системи запалювання**

відкривається транзистор VT1 і первинне коло запалювання включається в мережу. Отже, час нагромадження енергії в котушці відповідає часу відсутності сигналу на виході компаратора. Зменшення тривалості сигналу компаратора дає змогу збільшити відносну величину часу нагромадження енергії і тим самим стабілізувати її абсолютне значення.

Блок обмеження сили вихідного струму спрацьовує за сигналом, що знімається з резисторів, ввімкнених послідовно в первинне коло запалювання. Якщо цей сигнал досягає рівня, відповідного силі струму у 8 А, блок переводить вихідний транзистор в активний стан з фіксуванням цього значення струму.

Блок безіскрової відсічки відключає котушку запалювання у випадку, якщо увімкнене електроживлення, але вал двигуна нерухомий. Відключення здійснюється через 2-5 с. Однак з вимкненням запалювання і зупинкою двигуна котушка запалювання відключається відразу.

Схема начинена елементами захисту від сплесків напруги і подачі напруги живлення протилежної полярності. Регулювання кута випередження запалювання здійснюється традиційними способами - відцентровим і вакуумним регуляторами.

### **7.7 Система автоматичного керування економайзером примусового неробочого ходу**

Застосування електронних систем керування двигуном автомобіля, а особливо електронних систем запалювання та подачі палива дає можливість значно підвищити економічність ДВЗ, зменшити токсичність відпрацьованих газів. Вихідні характеристики двигуна залежать від складу паливоповітряної суміші і кута випередження запалювання, керування яким переважно здійснюється автоматичними системами. Поєднання електронних систем запалювання та подачі палива є перспективним з погляду створення оптимальних систем керування ДВЗ. Широкого розповсюдження набула система автоматичного керування економайзером примусового неробочого ходу (САК ЕПНХ), яка дала можливість наблизитися до оптимального керування двигуном в нестационарних режимах його роботи, - наприклад, в умовах міського руху.

САК ЕПНХ працює за таким принципом. Під час руху в міських умовах 18-25 % часу двигун працює в режимі примусового неробочого ходу. В такому самому режимі ДВЗ працює в процесі гальмування двигуном, під час переключення передач, інерційного руху автомобіля тощо. В таких випадках дросельна заслінка карбюратора закрита (педаль керування дросельною заслінкою цілком відпущена), а частота обертання колінчастого вала двигуна перевищує частоту обертання вала на неробочому ходу.

Під час примусового неробочого ходу колінчастий вал двигуна обертається за рахунок кінетичної енергії автомобіля. Автомобіль рухається з включеною передачею і з відпущеною педаллю керування дросельною заслінкою, внаслідок чого двигун витрачає паливо, не виконуючи корисної роботи. У такому режимі примусового неробочого ходу від двигуна не потрібна віддача потужності, а згоряння паливоповітряної суміші приводить тільки до забруднення довілля. Тим більше, що внаслідок швидкого закриття дросельної заслінки паливоповітряна суміш переზбагається і токсичність відпрацьованих газів збільшується.

Для зниження витрати палива, зменшення токсичності відпрацьованих газів на автомобілях застосовують електронні САК ЕПНХ, які в режимі примусового неробочого ходу припиняють подавання палива. До складу САК ЕПНХ входить електронний блок керування, електромагнітні клапани і кінцевий вимикач карбюратора. Положення дросельної заслінки визначається такими давачами, як мікрОВИМІКАЧ або давач-ГВІНТ.

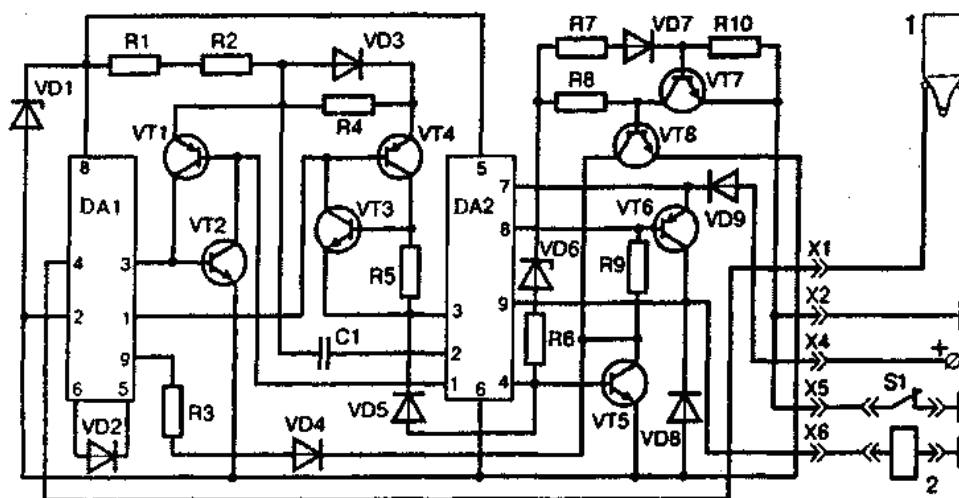
## Лекція 7 — Транзисторні системи запалювання

Робота САК ЕПНХ відбувається в такий спосіб (рис. 7.7). Визначення режиму примусового неробочого ходу здійснюється давачами частоти обертання колінчастого вала двигуна і положення дросельної заслінки. Інформація про частоту обертання колінчастого вала надходить у блок керування ЕПНХ із котушки запалювання (з первинної обмотки). Стан дросельної заслінки визначається контактами мікровимикача положення.



Рис. 7.7 – Система автоматичного керування ЕПНХ

В режимі примусового неробочого ходу електронний блок подає керуючий сигнал на закриття електромагнітного клапана. Подача палива через систему неробочого ходу переривається. Після закінчення режиму примусового неробочого ходу відкривається дросельна заслінка і частота обертання колінчастого вала збільшується за рахунок роботи головної дозуючої системи карбюратора. З досягненням визначеної частоти обертання колінчастого вала електронний блок подає керуючий сигнал на електромагнітний клапан. Починається подача палива через систему неробочого ходу карбюратора.



DA1, DA2 – мікросхеми; S1 – мікровимикач (давач положення дросельної заслінки);

1 – котушка запалювання; 2 – електропневмоклапан;

X1, X2, X4, X5, X6 – виводи блока керування ЕПНХ

Рис. 7.8 – Схема блоку керування ЕПНХ 50.3761

На автомобілі ВАЗ-2108 встановлено блок керування ЕПНХ 50.3761 (рис. 7.8). Вхідний сигнал з первинної обмотки котушки запалювання подається на вивід 4 мікросхеми DA1. На виводі 3 цієї мікросхеми формуються імпульси постійної тривалості з частотою, яка визначається частотою входних сигналів від котушки запалювання. На транзисторах VT1 і VT2 зібрано ключ, який під час дії імпульсу на вході мікросхеми DA1 розряджає конденсатор C1, що створює витримку часу.

## Лекція 7 — Транзисторні системи запалювання

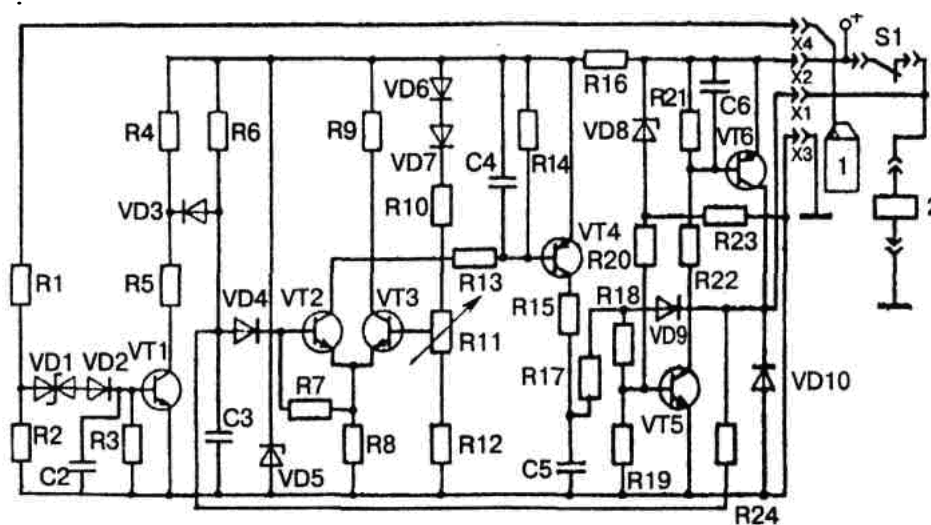
У паузі між імпульсами конденсатор СІ заряджається через резистори R1 і R2. Максимальна напруга, до якої заряджається конденсатор СІ, збільшується зі зменшенням частоти сигналу. На транзисторах VT3 і VT4 побудовано граничний елемент (компаратор). Коли напруга на конденсаторі СІ перевищить підпорну напругу, що дорівнює приблизно 8 В, ці транзистори відкриваються.

Отже, зі зменшенням частоти вхідного сигналу нижче граничного значення конденсатор СІ встигає зарядитися до напруги, яка перевищує підпорну напругу граничного елемента. В такому випадку транзистори VT3 і VT4 відкриваються і через мікросхему DA2 на базу транзистора VT6 подається сигнал, який відкриває його. На електромагнітний клапан через транзистор VT8 подається напруга живлення.

З закриванням дросельної заслінки штекер X5 з'єднується з масою через контакти S1 давача положення дросельної заслінки. Вхідна напруга на електромагнітному клапані залежить від частоти імпульсів на вході блока керування. З відключенням штекера X5 від маси (дросельна заслінка відкрита) закривається транзистор VT7, а транзистор VT5 відкривається. Відповідно відкривається вихідний транзистор VT8. При цьому вивід "+" від джерела електропостачання буде постійно підключений до електромагнітного клапана незалежно від частоти вхідного сигналу.

Блок керування відключає електромагнітний клапан від бортової мережі і перериває подачу палива на частоті обертання колінчастого вала, вищій за 2100 хв", і з замкненим на масу виводом X5 штекерного розніму (через мікровимикач S1).

Напруга на клапані з'являється зі зменшенням частоти обертання колінчастого вала нижче ніж 1900 хв".



(1402.3733, 1412.3733, 1422.3733, 1432.3733):

S1 – мікровимикач (давач положення дросельної заслінки);

1 – котушка запалювання; 2 – електропневмоклапан

**Рис.7.9 – Схема блоків автоматичного керування ЕПНХ**

Формування сигналів керування електромагнітним клапаном у показаних на рис. 7.9 блоках керування відбувається в такий спосіб. Якщо дросельна заслінка закрита, з первинної обмотки котушки запалювання 1 на вхід транзисторного ключа, зібраного на транзисторі VT1, надходять імпульси напруги з частотою, пропорційною частоті обертання колінчастого вала. З появою імпульсу транзисторний ключ відкривається і конденсатор С2 розряджається. В інтервалі між вхідними імпульсами конденсатор С2 заряджається. Зі зменшенням частоти обер-



## **Лекція 7 — Транзисторні системи запалювання**

тання колінчастого вала час заряджання і напруга на виводах конденсатора С2 збільшуються. Коли частота обертання колінчастого вала є більшою від граничного значення, напруга на виводах конденсатора С2 мала, транзистори VT2, VT4, VT5, VT6 закриті і напруга на електромагнітний клапан 2 не подається. Клапан закривається. Подача палива в двигун припиняється.

Коли частота обертання колінчастого вала стає меншою від граничного значення, конденсатор С2 в інтервалі між імпульсами встигає зарядитися до напруги, яка перевищує підпорну напругу компаратора, зібраного на транзисторах VT2, VT4. Транзистори VT2, VT4 переходять у відкритий стан і відкривають транзистори VT5 і VT6. Через перехід емітер-колектор транзистора VT6 напруга бортової мережі підводиться до електромагнітного клапана. Клапан спрацьовує і забезпечує подачу палива. При натисненні на педаль керування дросельною заслінкою контакти мікровимикача S1 замикаються й електромагнітний клапан стає постійно підключеним до бортової мережі незалежно від сигналів блока керування, тобто незалежно від частоти обертання колінчастого вала.

### **Контрольні питання:**

1. Який принцип роботи контактної-транзисторної системи запалювання?
2. Який принцип роботи магнітоелектричного датчика?
3. Який принцип роботи датчика Холла?
4. Які давачі використовують в електронних системах запалювання?
5. Який принцип роботи безконтактно-транзисторної системи запалювання?

**Тема 8 Цифрові і мікропроцесорні системи запалювання**

**8.1 Загальні відомості і відмінності цифрових та мікропроцесорних системи запалювання від інших**

**8.2 Датчики частоти обертання і положення колінчастого валу**

**8.2.1 Індуктивний датчик**

**8.2.2 Датчики Холла**

**8.2.3 Датчики навантаження**

**8.2.4 Датчики температури**

**8.2.5 Датчики детонації**

**8.2.6 Датчики положення дросильної заслінки**

**8.2.7 Контактні датчики**

**8.3 Електронна частина цифрової і мікропроцесорної системи запалювання**

**8.1 Загальні відомості і відмінності цифрових та мікропроцесорних системи запалювання від інших**

Найважливіший фактор, який визначає потужність двигуна, його паливну економічність та токсичність відпрацьованих газів - це його робота при оптимальних кутах випередження запалювання на всіх режимах. Механічні регулятори випередження запалювання, що застосовуються в класичних та електронних системах запалювання, не можуть забезпечити необхідні параметри регулювання в усьому діапазоні роботи двигуна. Рухомі частини регулятора у процесі роботи спрацьовуються, а отже, неминучі люфти в сполучних деталях, які створюють нестійкість моменту запалювання (асинхронізм) за кутом повороту колінчастого вала.

Через те, що паливно-повітряна суміш між циліндрами двигуна розподіляється нерівномірно, найвигідніший момент запалювання також має бути різним для різних циліндрів, а цього існуючі системи запалювання врахувати не можуть. Крім того, нестійкість моменту запалювання не дає змоги задовольнити всезростаючі вимоги щодо токсичності відпрацьованих газів, а тому потрібно застосовувати спеціальні системи рециркуляції відпрацьованих газів чи каталітичні окислювачі.

Іще одна обставина є принциповою вадю всіх раніше розглянутих систем запалювання. Це наявність високовольтного розподілу іскор по циліндрах за допомогою ротора, що знаходиться в кришці розподільника, оскільки комутація та передача високої напруги реалізується через електричну іскру. Це, крім значних витрат енергії, призводить до вигорання контактів в ізоляційній кришці розподільника і, як наслідок, до асинхронізму іскор на 2-3° між виводами розподільника.

Подальше вдосконалення автомобільних систем запалювання пішло шляхом усунення цих недоліків. На заміну розглянутих раніше систем прийшли нові системи запалювання четвертого покоління - це системи з електронно-обчислювальними пристроями керування і без високовольтного розподілу енергії по свічках циліндрів.

***Цифрові та мікропроцесорні системи запалювання мають три принципові відмінності від попередніх систем, а саме:***

1 - блоки керування (контролери) є електронно-обчислювальними блоками дискретного принципу дії, виконані з застосуванням мікроелектронної технології (на універсальних, або на великих інтегральних мікросхемах) і призначені для автоматичного керування моментом (кутом випередження) запалювання;



## **Лекція 8 — Цифрові і мікропроцесорні системи запалювання**

2- застосування мікроелектронної технології дозволяє значно розширити функції електронного керування: стало можливим впровадження в систему запалювання бортової самодіагностики та принципів схмотехнічного резервування;

3- вихідні каскади цих систем, як правило, багатоканальні і не мають високовольтного розподільника запалювання.

Цифровими називаються системи запалювання, які забезпечують автоматичне регулювання випередження моменту запалювання за будь-якою характеристикою залежно від частоти обертання та навантаження двигуна, режимів його роботи і температури, а також складу робочої суміші, за допомогою електронного цифрового блока (контролера). У випадку спрацювання деталей у процесі експлуатації ці системи не потребують обслуговування та регулювання. Параметри системи зберігаються протягом усього терміну служби.

Цифрові системи електронного регулювання моменту випередження запалювання працюють, як правило, за попередньо складеною жорсткою програмою, їх контролери можуть мати або не мати блок пам'яті.

Мікропроцесорними називаються цифрові системи запалювання, які для обробки інформації використовують мікропроцесор або мікроЕОМ. Обидві системи дають змогу більш гнучко відтворювати задані характеристики моменту випередження запалювання.

***Переважна більшість сучасних електронних систем виконують такі задачі:***

- керують системою запалювання з регулюванням кута випередження запалювання;
- статично розподіляють струм високої напруги по циліндрах двигуна;
- виконують самодіагностику всіх систем автомобіля;
- керують системою впорскування пального;
- керують пуском холодного двигуна;
- регулюють роботу двигуна на холостому ході;
- регулюють частоту обертання колінчастого валу двигуна. Всі електронні системи складаються із трьох блоків, а саме:

- вхідні датчики;
- електронна частина системи;
- вихідні електричні сигнали.

**Вхідні датчики**

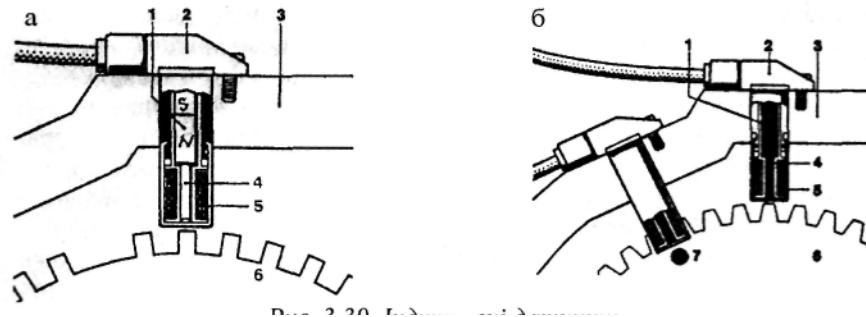
Датчики електронних систем, як правило, перетворюють неелектричні величини в електричний сигнал. Складається, як мінімум, з двох частин - чутливого елемента та перетворювача неелектричного сигналу в електричну величину.

### **8.2 Датчики частоти обертання і положення колінчастого валу**

Частоту обертання колінчастого валу можна визначити, підрахувавши число зубців спеціального зубчастого диску, закріпленого на колінчастому валу, що проходять за одиницю часу повз індукційний датчик.

#### **8.2.1 Індукційний датчик**

Індукційний датчик (рис. 8.1) складається з котушки індуктивності  $L$  з постійним магнітом  $NS$  та зубчастого диску, зубці якого виконані із феромагнітного матеріалу. Специфікою індуктивного датчика є конструктивна розрізненість його елементів (сам датчик та зубчастий диск). Таким чином, сам датчик представляє собою лише половину неелектричної величини (кругової частоти ш колінвала) в електричний сигнал (в частоту проходження електричних імпульсів). Друга половина - зубчастий диск.



**Рис.8.1- Індуктивні датчики:**

- А - датчик частоти колінчастого вала з функціями ДКІ та ДПВ;  
Б- датчики ДКІ та ДПВ; 1 - постійний магніт N-S; 2 - корпус датчика;  
3 - картер зчеплення; 4 - феромагнітний сердечник; 5 - котушка;  
6 - зубчастий диск чи вінець маховика; 7 - штифт для ДПВ***

Принцип дії індуктивного датчика ґрунтується на першому законі електромагнітної індукції і полягає в тому, що збільшення або зменшення (зміна) магнітного потоку  $\Phi$  через витки  $W$  котушки індуктивності  $L$  викликає виникнення в них (в витках) електрорушійної сили (ЕРС).

В індуктивному датчику його котушка 5 розміщена навколо постійного магніту 1, полюс якого обернено до об'єкта обертання - зубчастого вінця маховика двигуна, магнітопровід 4 якого встановлено із незначним зазором відносно зубців маховика.

При переміщенні зубців відносно магнітопроводу величина зазору між ними змінюється. Це викликає зміну магнітної індукції і появу змінного електричного імпульсу в індукційній котушці. Нульова точка відповідає центру кожного зуба. Це дозволяє з достатньою точністю визначити положення маховика.

Амплітуда вихідного сигналу датчика залежить від повітряного зазору між магнітопроводом і зубом і від швидкості зміни магнітної індукції, що залежить від швидкості переміщення зуба.

Індуктивний датчик встановлюється на картері зчеплення так, щоб його магнітний щуп знаходився на відстані 0,3-1,5 мм до феромагнітних зубців вінця маховика. Такий індуктивний датчик називають датчиком частоти обертів двигуна.

Якщо вінець маховика служить в якості зубчастого диску індуктивного датчика частоти обертів двигуна (рис. 8.1, б) то для визначення точки початку відліку встановлюється другий додатковий індуктивний датчик, який генерує один імпульс за один оберт колінчастого вала. Феромагнітним збуджувачем другого додаткового датчика служить сталевий штифт 7, закручений в маховик у визначеному місці. Це місце відповідає точці положення колінчастого вала, від якої до ВМТ першого циліндра залишається стільки кутових градусів, скільки передбачено мікропроцесором даної системи для обчислення кута випередження запалювання (як правило 45...90°). Цей датчик називається датчиком початку відліку.

Замість двох датчиків для виміру частоти обертання і положення вала можна скористатись одним (рис. 8.1, а), якщо не використовувати зубчастий вінець маховика, а встановити окремий зубчастий диск і наділити його якою-небудь спеціальною міткою, помітною для датчика, наприклад, відсутність одного або двох зубців в тому місці, де встановлюється спеціальний штифт для датчика початку відліку.

В разі несправності датчика або його електричного кола двигун перестає працювати, а електронно-керуючий пристрій заносить в свою пам'ять код несправності, а також включає лампу сигналізації про несправність.

### **8.2.3 Датчики Холла**

Крім індуктивних датчиків для визначення частоти обертання і положення колінчастого вала, деякі автомобільні фірми використовують датчики, що працюють на ефекті Холла. Зокрема, англійська фірма «Lucas» для автомобілів «Ford» використовує датчик Холла, який вмонтовано в серійний переривач замість контактів або безконтактного переривача. Німецька фірма «Bosch» та японська «Hitachi» також використовують ефект Холла для датчиків частоти обертання і положення колінчастого вала.

Сутність ефекту Холла описана раніше. Як і в датчику-розподільнику для безконтактної системи запалювання, постійний магніт встановлено нерухомо, а ротор-шторка має стільки вікон, скільки циліндрів у двигуні. Вікно для першого циліндра ширше за інші, завдяки чому може бути зафіксована точка початку відліку. Таким чином, за допомогою датчика Холла та електронної схеми обробки інформації можуть бути визначені три головні входні параметри для системи запалювання: частота обертання колінчастого вала (застосовується електронне множення частоти імпульсів); його положення відносно верхньої мертвої точки для будь-якого циліндра в будь-який момент часу і положення точки початку відліку. Безінерційність датчика і стабільність параметрів сигналу дозволяє реалізувати керування кутом випередження запалювання в кожному такті, тобто для кожного циліндра окремо.

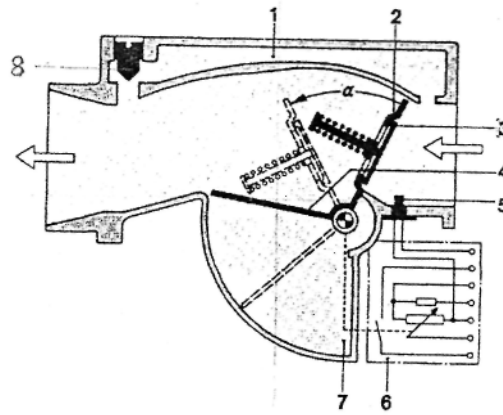
Сигнали датчиків, що працюють на ефекті Холла, можуть служити також сигналами для перемикання каналів в двохканальному комутаторі. Для цього ротор-шторка має екран розміром  $180^\circ$ , а решта  $180^\circ$  не закрито і магнітне поле потрапляє на напівпровідникову пластинку, яка виробляє ЕРС Холла. Таким чином, половину оберту датчик виробляє ЕРС, а решту півоберту - ні.

### **8.2.3 Датчики навантаження**

Інформацію про навантаження двигуна дає розрідження у випускному трубопроводі або витрати повітря через колектор та його температура. Адже, при створенні паливно-повітряної суміші в рахунок береться не об'єм повітря, а його маса.

В автомобільних системах запалювання та впорскування пального різні фірми випускають різні вимірювачі витрати повітря: вихрового, термоанемометричного, іонізаційного та звукового типу.

На рис. 8.2 показаний вихровий вимірювач витрати повітря, де повітряний потік діє на заслінку 2, закріплену на вісі в спеціальному каналі. Поворот заслінки потенціометром перетворюється в напругу, пропорційну витраті повітря. Дія повітряного потоку на заслінку 2 врівноважується пружиною.

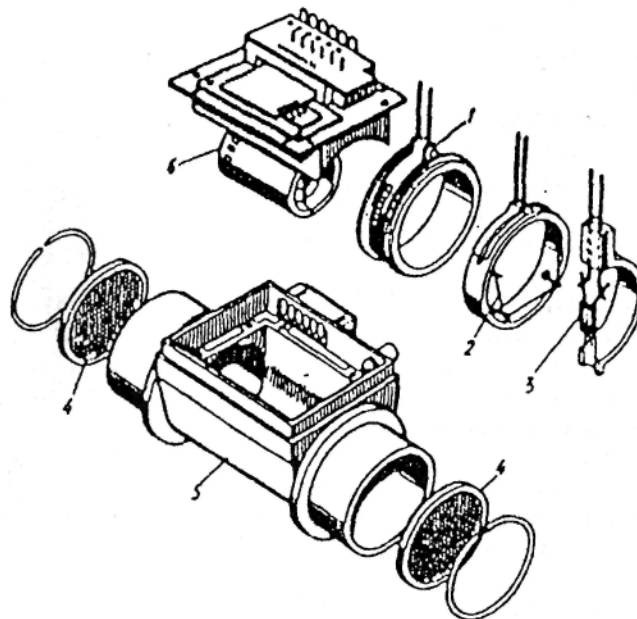


**Рис. 8.2 - Вихр'ювий вимірювач витрати повітря:**

**1 - обвідний канал; 2 - повітряна заслінка витратоміра (ротаметр); 3 - клапан заслінки; 4 - заслінка демпфера; 5 - датчик температури повітря; 6 - потенціометричний датчик положення ротаметра; 7 - демпферна камера**

Демпфер із пластиною 4 жорстко зв'язані з вимірювальною заслінкою 2, служить для гасіння коливань пульсацій повітряного потоку та динамічними діями руху автомобіля. На вході в вимірювач витрати повітря вбудований датчик 5 температури повітря. Недоліком вимірювача витрати повітря є наявність рухомих частин та контактів. Рухомих частин не мають вимірювачі термоанемометричного типу, які ще називаються масметрами.

Принцип дії масметра оснований на контролі ступеня охолодження нагрітого тіла, яке розташоване в потоці впускного повітря. Тіло, що нагрівається, виконано у вигляді тонкого дроту, по якому пропускається електричний струм. Охолодження повітрям дроту компенсується збільшенням струму підігріву, при цьому величина зміни струму, яку легко заміряти, несе інформацію про масу повітря, яке пройшло через масметр.

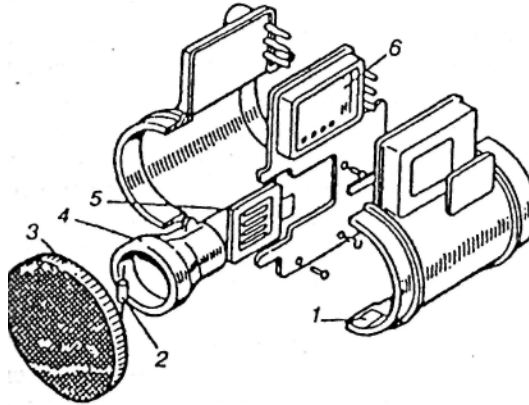


**Рис. 8.3 - Термоанемометричний вимірювач витрати повітря:**

**1 — прецизійний резистор; 2 - вимірювальний елемент;  
3 - термокомпенсаційний елемент; 4 - стабілізуючі решітки;  
5 - пластмасовий корпус; 6 - внутрішній вимірювальний канал**

## **Лекція 8 — Цифрові і мікропроцесорні системи запалювання**

На рис. 8.3 показана будова термоанемометричного масметра, що встановлюється у впускний тракт двигуна і має вимірювальний канал 6, що складається із пластикових обойм, які тримають несучі кільця нагрітого платинового дроту 2 діаметром 100 мкм і термокомпенсаційного плівкового резистора 3. Корпус 5 має камеру для розміщення електронного блоку, який підтримує постійний перегрів дроту на рівні 150 °С шляхом регулювання сили струму вимірювального моста. Вихідним параметром вимірювача витрати повітря служить падіння напруги на прецизійному резисторі 1 і є вхідною інформацією для електронно-керуючого пристрою. Крім розглянутих датчиків, широке застосування отримали термоанемометричні вимірювачі витрати повітря з плівковим чутливим елементом на твердій керамічній основі (рис. 8.4).

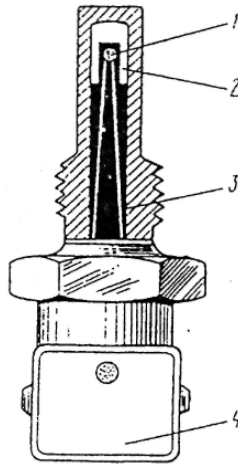


**Рис. 8.4 - Термоанемометричний витратомір з плівковим чутливим елементом 1 - корпус; 2 — датчик температури повітря; 3 — стабілізуюча решітка; 4 - внутрішній вимірювальний канал; 5 - чутливий елемент; 6 - електронна схема**

Основою конструкції є чутливий елемент 5, який включає вимірювальний і термокомпенсаційний I резистори. Пластмасова рамка з чутливим елементом розміщена в вимірювальному патрубці вимірювача витрати повітря 4. Температура перегріву терморезистора 70 °С. Вона підтримується за: допомогою електронної схеми керування.

### **8.2.4 Датчики температури**

За допомогою цих датчиків контролюється температура охолоджуючої рідини двигуна, повітряного та газового потоку у впускному тракті, температура масла двигуна та охолоджуючої рідини кондиціонера. Більшість цих датчиків -це напівпровідникові резистори (термістори). Опір терморезисторів суттєво змінюється з ростом температури. Від'ємний температурний коефіцієнт опору мають спечені керамічні напівпровідникові маси. їх формують в гранули, пластини, таблетки або стержні. Температура, яка вимірюється такими датчиками, лежить в межах -40...800 °С, точність досягає 0,05 °С.



**Рис. 8.5 - Датчик температури охолоджуючої рідини: 1 -термістор; 2 - ізолятор; 3 - ущільнювач; 4 - електричне роз'язття**

На рис. 3.34 показані датчик температури охолоджуючої рідини ДВЗ, де термістор 1 розташований в теплопровідному корпусі 2 з різьбою кріплення на двигуні в потрібному місці. У міру прогрівання двигуна омичний опір чутливого елементу такого датчика зменшується і, відповідно, зменшується спад напруги в розетці електричного роз'язття. Температура вводиться в ЕБК як додатковий параметр, що поряд з частотою обертання і навантаженням двигуна дозволяє визначити кут випередження запалювання.

#### 8.2.5 Датчики детонації

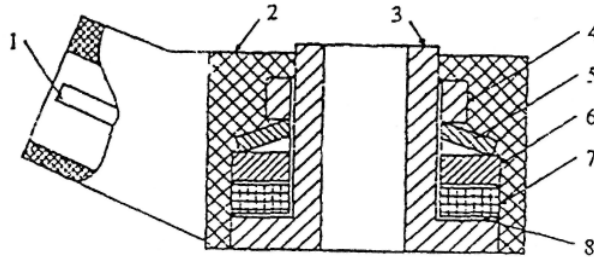
В основі роботи цих датчиків лежить явище п'єзоелектричного ефекту, тобто виникнення електричних зарядів при деформації кристалів із кварцу (двоокису кремнію).

Стискування кварцевої пластини забезпечується інерційною масою, яка вібрує разом з деталями двигуна.

Залежно від параметрів електронної схеми підсилення та перетворення датчики детонації виконуються резонансними або широкополосними. В резонансних датчиках амплітуда вихідної напруги різко зростає і перевищує пороговий рівень на одній (резонансній) частоті детонації. В ши-рокополосних датчиках амплітуда вихідної напруги перевищує пороговий рівень в діапазоні частоти детонації.

П'єзокристалічний елемент в датчику може бути різної форми: прямокутним бруском, плоскою пластиною, круглою шайбою або трубчастим циліндром, що визначається конструкцією опори та місцем прикладання зовнішнього зусилля до п'єзoeлемента.

Прикладом датчика детонації може служити датчик, представлений на рис. 8.6. Він представляє собою шайбу 7, яка за допомогою гайки 4 та інерційної маси (металевого диска) 6 через стакан 3 притиснута до полірованої площадки на блоці циліндрів. Місце установки датчика визначається експериментально на етапі конструювання двигуна.



**Рис. 8.6 - Датчик детонації:**

*1 - електричний контакт; 2 - корпус; 3 - стакан; 4 - гайка; 5 – конусне притискне кільце; 6 - інерційна маса; 7 — п'єзoeлемент; 8 – кільце*

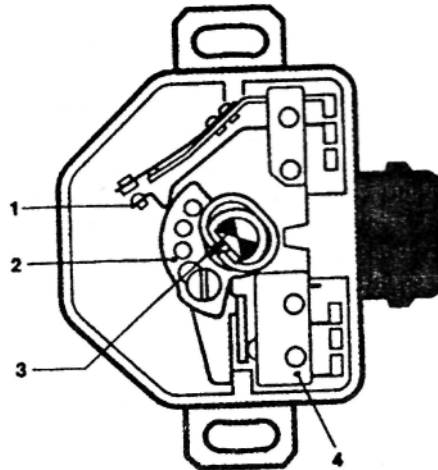
При роботі двигуна його деталі вібрують. Вібрація передається інерційній масі 6 датчика, яка діє на п'єзоелемент 7 з відповідним зусиллям та частотою. При виникненні детонації амплітуда електричних сигналів датчика різко зростає. Блок керування порівнює амплітуду з допустимим рівнем і при перевищенні заданого корегує (зменшує) кут випередження запалювання до припинення детонації.

### **8.2.6 Датчики положення дросельної заслінки**

Датчики положень та швидкості переміщення дросельної заслінки використовуються для посилення у блок керування сигналів про те, що дросельна заслінка досягла одного з крайніх положень повного навантаження або частоти обертання вала на холостому ході. Сигнали крайніх положень заслінки потрібні блоку керування для переходу на спеціальні програми регулювання запалюванням в цих режимах.

У деяких системах керування сигнал крайнього положення дросельної заслінки використовується для відтинання палива при збільшенні частоти обертання вала двигуна понад допустимого значення (рис. 8.7).

Основою потенціометричних датчиків є плівковий резистор з декількома контактними доріжками, з якими контактують пружні струмові елементи. Останні жорстко зв'язані із віссю датчика.



**Рис. 8.7 - Датчик положення дросельної заслінки:**

**1 - контакт повного навантаження; 2 - кулачок; 3 - вісь заслінки; 4 - контакт холостого ходу.**

Струмівивідні елементи забезпечують отримання сигналів прискорення при різкому відкритті дросельної заслінки, про холостий хід двигуна, інформацію про положення дросельної заслінки при повному або частковому її відкритті.

Основні вимоги до датчика положення дросельної заслінки: висока довговічність і стабільність сигналів при відсутності деренчання контактів. Ці вимоги забезпечуються за рахунок підбору зносостійких матеріалів контактних доріжок та струмознімальних елементів.

Недоліки електромеханічних датчиків контактного типу відсутні у безконтактних датчиках: оптико-електронних датчиках із кодуємим диском. Чутливість датчика може бути менше  $1^\circ$  за рахунок використання прецизійних кодованих дисків і оптичних чи фотоелектричних пристроїв (фото-діодів). Диск, що кодує переміщення, має прорізи або прозорі площадки.

З різних боків диска встановлюються джерела світла та фоточутливі елементи. При обертанні диска світло потрапляє на окремі ділянки чутливих елементів, це дозволяє однозначно визначити кут повороту диска.

### **8.2.7 Контактні датчики електронних систем запалювання**

В сучасних системах запалювання є достатньо велика кількість контактних датчиків, які складаються з електричної контактної пари. Такі датчики є пасивними і працюють за принципом розриву або замикання електричного кола і тому на виході мають дискретний сигнал «так-ні», котрий легко сприймається цифровим контролером.

Контактні датчики застосовуються в основному як окремі пристрої. В деяких випадках контактний датчик використовується як мікрровимикач електробензонасоса при непрацюючому двигуні, але включеному запалюванні.

### **8.3 Електронна частина цифрової і мікропроцесорної системи запалювання**

В цифровій системі запалювання електронний блок керування є самостійним конструктивним вузлом і називається контролером. На входи контролера подаються сигнали від датчиків системи запалювання, а на виході контролер працює на електронний двохканальний комутатор. Як правило, контролер забезпечує роботу інших бортових електронних блоків керування.

У мікропроцесорній системі запалювання всі функції керування об'єднані в центральний бортовий комп'ютер автомобіля і персональний блок керування для системи запалювання може бути відсутній. В мікропроцесорних системах запалювання для формування сигналу запалювання застосовується число-імпульсне перетворення, при якому параметр процесу задається не часом протікання, а безпосередньо числом електричних імпульсів. Функції електронного обчислення тут виконує число-імпульсний мікропроцесор, який працює від електричних імпульсів, стабілізованих по амплітуді та тривалості. Тому між мікропроцесором та вхідними датчиками в цих системах запалювання встановлюються число імпульсні перетворювачі (ЧІПи) аналогових сигналів в цифрові.

Мікропроцесорна система запалювання працює по наперед заданій для даного двигуна програмі керування. Тому в ЕБК є електронна пам'ять, як постійна, так і оперативна.

Як для цифрової, так і для мікропроцесорної системи запалювання для конкретної конструкції двигуна програма керування визначається експериментально в процесі її розробки. На дослідницькому стенді імітуються всі можливі режими роботи двигуна при всіх можливих умовах його роботи.

Для кожного сполучення швидкості і навантаження визначається оптимальне значення кута випередження запалювання. За цими даними будуються графіки, які вводяться в пам'ять комп'ютера.

При виборі оптимального кута випередження для кожного режиму роботи двигуна приймається до уваги безліч факторів, таких як паливна економічність, запас по детонації, склад відпрацьованих газів, крутний момент, температура двигуна, такі графіки мають складну форму.

Залежність кута випередження запалювання тільки від частоти обертання вала двигуна має двохвимірний графік. Щоб врахувати ще один параметр - навантаження, потрібно побудувати вже тривимірний графік, всі точки якого утворять поверхню. Якщо вибрати будь-яке сполучення частоти обертання і навантаження і провести з цієї точки перпендикуляр вгору, то



## Лекція 8 — Цифрові і мікропроцесорні системи запалювання

на перетинанні його з поверхнею ми одержимо необхідне значення кута випередження запалювання.

Поверхня нагадує топографічний план місцевості і може бути зображена на зразок топографічної карти, тому її іноді називають картою запалювання.

Якщо основні карти розробити на інтервалі по швидкостях і навантаженнях та побудувати на цих інтервалах сітку (рис. 8.8), то для вузлів цієї сітки можна знайти відповідні значення кута випередження запалювання і записати ці значення у пам'ять комп'ютера. Практично для задовільного керування запалюванням необхідно зберігати в пам'яті від 1000 до 4000 таких значень. Розробнику потрібно доповнити карту режимами роботи двигуна при частоті обертання колінчастого валу на холостому ході для її підтримки, а також на максимальній частоті обертання для її обмеження. Нарешті, програмується режим повних навантажень таким чином, щоб двигун працював поруч із межею початку детонації, але не перейти її.

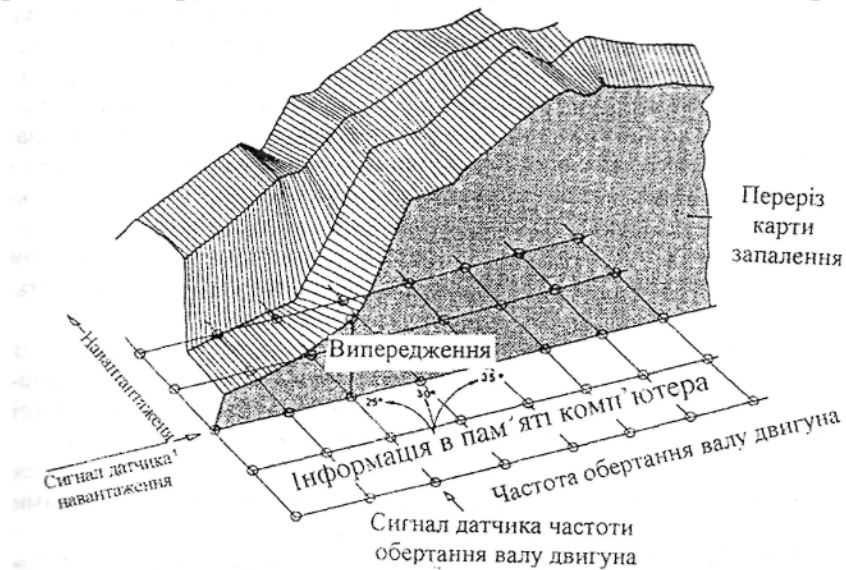


Рис. 8.8 - Карта кутів випередження запалювання

**Блок керування** мікропроцесорної системи запалювання складається з електронно-керуючого пристрою (ЕКП), логічного пристрою, блоку пам'яті, блоку синхронізації та комутатора магістралей.

ЕКП складається із окремих систем.

**Вхідний пристрій.** Сигнали, що надходять на вхід ЕКП від датчиків, перетворюються з аналогової форми в серію імпульсів ТАК-НІ, які є цифрами двійкової системи числення.

Аналогові сигнали, наприклад, напруга акумулятора, перетворюються в двійковий код за допомогою число-імпульсного перетворювача (ЧІПа).

**Пристрій вводу-виводу (ПВВ).** Цей пристрій приймає сигнали в ті моменти й у тій послідовності, у якій вони надходять, а потім видає їх у процесор в тій послідовності і з тією швидкістю, що потрібна процесорові, або відправляє поточну інформацію в оперативну пам'ять.

**Годинник.** Комп'ютер оперує даними як функціями часу. Для визначення часу і тимчасових інтервалів у комп'ютері встановлений точний кварцовий генератор імпульсів.

**Шини.** Окремі блоки комп'ютера зв'язані між собою плоскими кабелями, відомими за назвою шини. По шинах передаються дані (шина даних), адреси пам'яті (адресна шина), а також сигнали керування (керуюча шина).

**Центральний мікропроцесор.** Мікропроцесор виконує в комп'ютері всі обчислення та обробки сигналів. Крім того, процесор виконує логічні операції. ЕКП керує ходом обчислень, направляючи в процесор потрібну інформацію в потрібний момент і відправляє результати обчислень у потрібні пристрої.

**Постійна пам'ять.** Ця пам'ять може тільки видавати інформацію, що зберігається в ній, але вона ніяк не може бути змінена. Ця інформація зберігається в пам'яті навіть за відсутності живлення. В неї неможливо записати ніяку нову інформацію. У постійній пам'яті зберігаються такі дані, як карта значень керованих параметрів двигуна в табличній формі, коди, що керують програмами й ін. Усі ці дані заносяться (зашиваються) у постійну пам'ять виготовлювачем. До складу постійної пам'яті входять також пере-програмовувані блоки, які можуть бути використані виготовлювачем або його представниками для відновлення та зміни записаної інформації.

**Оперативна пам'ять.** Поточні дані - сигнали датчиків, команди керування і проміжні результати обчислень зберігаються в оперативній пам'яті комп'ютера, поки не будуть замінені новою інформацією.

Для реєстрації несправностей в елементах системи є реєстратор несправностей, який займає частину об'єму оперативної пам'яті і представляє собою запам'ятовуючий пристрій з інтерфейсом для бортової самодіагностики. Всі реєстратори несправностей зберігають інформацію і після виключення запалювання, але інформація, як і вся оперативна пам'ять, руйнується, якщо від бортової мережі відключити акумуляторну батарею. Інформація реєстраторів може бути стертою і спеціальною командою.

**Робота бортового комп'ютера.** Інформація про характеристики двигуна зберігається в пам'яті комп'ютера у формі таблиць, які називаються робочими. Таблиці виходять з інформації тривимірних карт випередження запалювання і таких же карт для періоду включеного стану котушки. Робочі таблиці можуть бути складені комп'ютером для різних сполучень параметрів, однак, насамперед такими параметрами є частота обертання колінчастого вала, навантаження, температура і напруга акумулятора. Кожна з таблиць дає своє значення кута випередження, і для визначення результуючого кута всі результати зіставляються. Подібним чином обчислюється і кут включеного стану котушки.

При включенні живлення мікропроцесор посилає закодовану двійкову адресу, що вказує, до якої частини пам'яті він звертається. Потім посилається керуючий сигнал, що вказує напрямок і послідовність руху інформації в процесор або з процесора. Робота самого процесора становить серію двійкових імпульсів, за допомогою яких інформація зчитується з пам'яті, декодується і виконується. Програми виконання операцій - арифметичних, логічних і транспортних, також записані в пам'яті. Нарешті, ЕКП видасть команду силовому ключу системи запалювання на включення або виключення котушки відповідно до поточного стану двигуна.

**Вихідні каскади електронних систем. Котушки запалювання.** Не дивлячись на деяку різницю будови цифрових та мікропроцесорних систем запалювання, вихідні каскади електронних систем запалювання мають ідентичне схемотехнічне та конструктивне виконання.

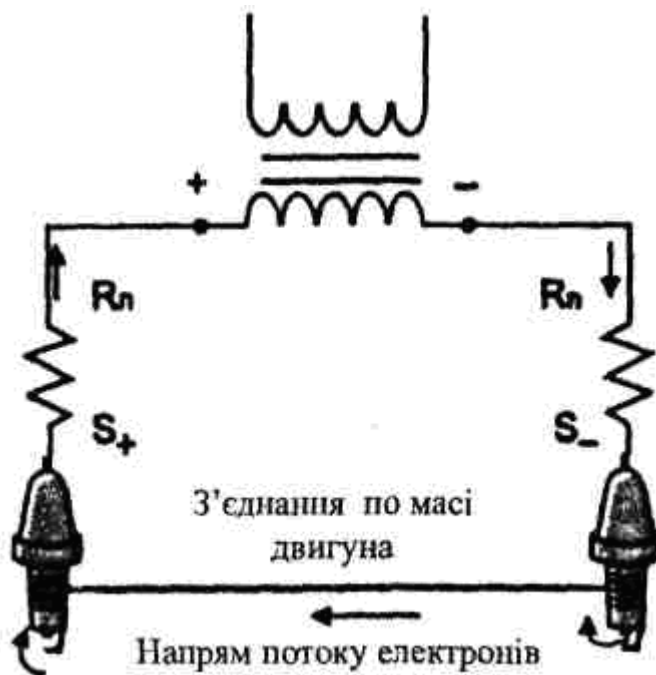
Для успішного функціонування системи запалення контролер чи мікропроцесор видає на комутатор сигнал запалювання, сигнал включення каналів та сигнал на пусковий пристрій двигуна. Якщо цей контролер чи мікропроцесор одночасно забезпечують і роботу системи живлення, то вони видають сигнали на включення форсунок та електричного бензонасосу. Якщо на двигуні функціонує ще карбюратор, то електронна система керує

## **Лекція 8 – Цифрові і мікропроцесорні системи запалювання**

електроклапаном економайзера примусового холостого ходу. Велика різноманітність комутаторів електронних систем з накопиченням енергії в індуктивності ділиться на комутатори з постійною величиною первинного струму в котушці запалювання та з нормованою. За способом обробки інформації вони бувають з аналоговими та з цифровими регуляторами.

У багатоканальних комутаторах з силовими транзисторами та двохвивідними котушками кожна свічка запалювання отримує енергію по окремому каналу.

Для нормальної роботи 4-циліндрового ДВЗ необхідні дві двовивідні котушки запалювання; для 6-циліндрового - три; для 8-циліндрового - чотири. У двигунах, обладнаних двовивідними КЗ, порядок роботи не змінюється, тому що коли в одному циліндрі відбувається стискування і запалювання, в іншому - випуск відпрацьованих газів. Встановлений кут випередження запалювання в таких ДВЗ більший від звичайного. Інжектором носіїв зарядів в одній свічці (S+) є корпусний електрод, в іншій свічці (S-) - центральний електрод.

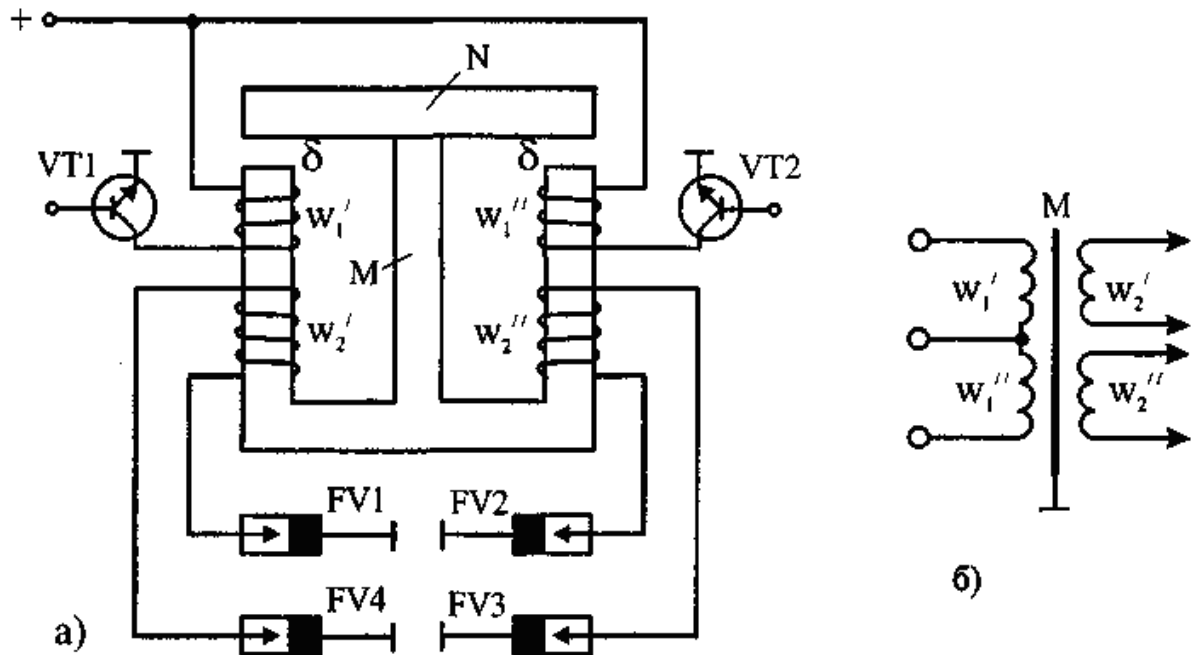


**Рис 8.9 – Двовивідна котушка запалювання**

Усі багатовивідні системи запалювання з індуктивним нагромаджувачем вимагають значного збільшення електроенергії для їхнього живлення. Так, дво-вивідна система запалювання сучасного 4-циліндрового автомобільного двигуна споживає від бортової мережі не 20-30 Вт, як батарейна система запалювання, а до 100 Вт. Це не є недоліком, тому що в класичній батарейній системі запалювання споживання малого струму пояснюється не реальною потребою в електроенергії на оптимальне іскроутворення, а неможливістю зробити цей струм більшим через наявність у системі електромеханічних контактів переривника, які здатні до швидкої ерозії і вигорання з причини великого струму комутації. Крім того, у контактних системах запалювання з високовольним розподільником (однією котушкою запалювання) кут замкненого стану контактів (час нагромадження енергії в котушці запалювання) обмежений. У багатовивідних системах запалювання нагромадження енергії в індуктивному нагромаджувачі відбувається за більш тривалий час.

## Лекція 8 – Цифрові і мікропроцесорні системи запалювання

В деяких модифікаціях МСЗ застосовуються чотирививідні котушки запалювання, які зібрані з двовивідних на спільному Ш-подібному магнітопроводі. Наявність повітряного зазору  $\delta$  виключає взаємовплив обох котушок між собою.



*а – схема вмикання котушки; б – електрична схема:  
VT1, VT2 – транзистори двоканального комутатора;  
W1, W2 – первинна і вторинна обмотки;  $\delta$  – повітряний зазор;  
FV1...FV4 – свічки запалювання; M – Ш-подібний магнітопровід;  
N – з'єднувальне ярмо магнітопроводу*

**Рис.8.10 – Чотирививідна катушка запалювання**

Більшого розповсюдження набула схема чотирививідної котушки з високовольтними діодами, в якій є дві зустрічно намотані первинні обмотки і одна вторинна. Якщо в точці S напруга додатна, то відкриваються високовольтні діоди VD1, VD4 і у відповідних циліндрах виникають іскрові розряди (робоча і неробоча іскра). Друга первинна обмотка намотана в зворотному напрямку, тому під час розмикання в ній струму полярність вторинної напруги в точці S зміниться на протилежну. Іскрові розряди будуть на свічках FV2 і FV3. Для уникнення взаємного впливу первинних обмоток в період проходження імпульсів високої напруги до їх виводів під'єднані розподільвальні діоди VD5, VD6.

В системах запалювання з нагромадженням енергії в ємності катушка запалювання виконує функцію імпульсного трансформатора і її габарити стають значно меншими. Це дає змогу монтувати такі катушки безпосередньо на самих свічках. Значить, не потрібно високовольтних дрітків і відпадає неробоча іскра. Вторинна напруга дещо зростає і має тільки від'ємну полярність, що також збільшує термін використання свічки.

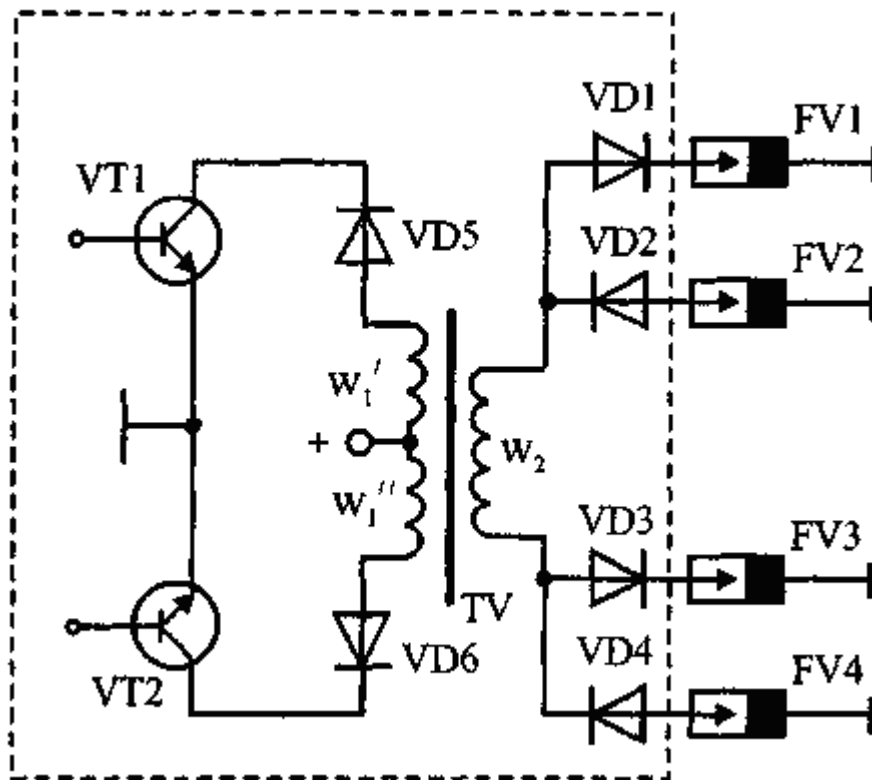


Рис.8.11 – Система вмикання чотирививідної котушки

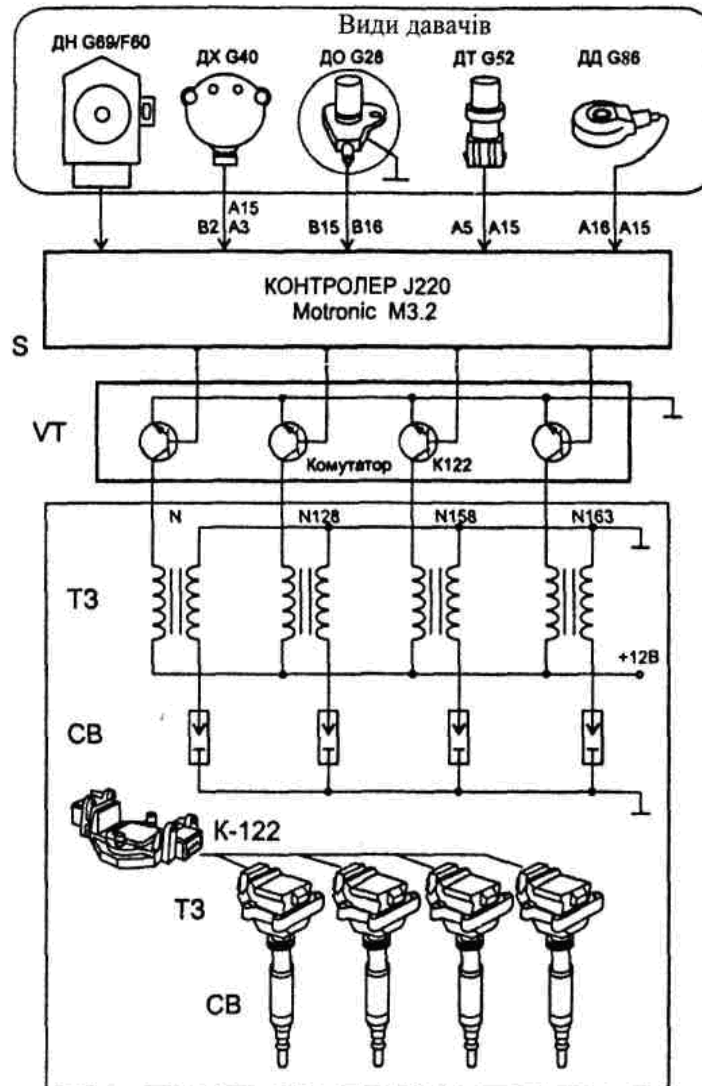
Котушки в МСЗ з нагромадженням енергії в індуктивності забезпечують високі вихідні показники:

- максимальну вторинну напругу до 35 кВ;
- швидкість її наростання  $> 700 \text{ В/мкс}$ ;
- сумарну тривалість фаз іскрового розряду 2.0-2.5 мс;
- енергію іскрового розряду 80-100 МДж.

На сучасному етапі розвитку систем електронного та мікропроцесорного запалювання використовуються вихідні каскади з індивідуальними котушками запалювання для кожної свічки. Прикладом такої системи може бути система запалювання фірми BOSCH, відома як електронна система автоматичного керування (ЕСАК) двигуном під назвою Motronic.

Схема працює на чотирициліндрових двигунах автомобілів AUDI-A4.

В контролері J220 є мікропроцесор з блоком пам'яті, в якому зберігається тривимірна характеристика запалювання  $\theta(\pi, p)$  (залежність кута випередження запалювання  $\theta$  від сигналу  $\pi$  частоти обертання ДВЗ і сигналу  $p$  від дросельної заслінки про розрідження). За цією характеристикою і сигналами від давана ДО (давач частоти обертання двигуна) і давана ДН (давач навантаження двигуна) виставляється початковий кут  $\theta(\pi)$  випередження запалювання. Далі за сигналами від давачів ДХ, ДТ і ДД мікропроцесор обчислює поточне, необхідне для цього режиму двигуна, значення кута випередження запалювання, яке за допомогою електронної схеми переключення каналів подається як основний імпульс  $S$  запалювання у відповідний канал електронного комутатора К-122. До цього моменту в даному каналі індуктивний нагромаджувач  $N$  мав заряджений стан (від бортмережі +12 В) і за сигналом  $S$  розряджається на відповідну свічку запалювання.



ДН – датчик навантаження ДВЗ (дросьельний потенціометр); ДХ – датчик Холла;  
 ДО – магнітоелектричний датчик частоти обертання колінвала; ДТ – датчик температури;  
 ДД – п'єзоелектричний датчик детонації; S – сигнал запалювання на вході комутатора;  
 VT – силові транзистори комутатора; N – індуктивні нагромаджувачі;  
 ТЗ – трансформатор запалювання; СВ – свічки запалювання

**Рис. 8.12 - Схема ЕСАК Motronic M3.2**

Через 180° повороту колінчастого вала описані процеси будуть проходити в наступному (за порядком роботи двигуна) каналі комутатора.

Переваги системи ЕСАК Motronic:

- індивідуальний статичний розподіл високої напруги за свічками;
- котушка запалювання з заземленою вторинною обмоткою;
- безконтактні давані формування електричних сигналів від неелектричних дій; аналогові сигнали датчиків перетворюються в контролері в цифровий код;
- селективне корегування кута випередження запалювання від детонації (в кожному циліндрі окремо);
- відключення циліндрів ДВЗ внаслідок пропадання іскроутворення;
- наявність в контролері функцій самодіагностики і резервування.

Мікропроцесорна система запалювання функціонує за наперед заданим програмним керуванням ДВЗ, визначеним експериментально і внесеним у пам'ять під час розробки двигуна. Для кожної експериментальної точки (сукупності сигналів від датчиків) підбирається і фіксується оптимальний кут випередження запалювання. Крім того, в пам'ять заноситься значення опорного кута випередження запалювання. Якщо в такій системі, крім основних датчиків, використовуються додаткові (наприклад, датчик детонації в циліндрах), то в мікропроцесорі здійснюється корегування значення опорного кута випередження запалювання за сигналами таких датчиків. Корегування проводиться за кожним циліндром окремо.

У мікропроцесорній системі запалювання застосовується електронне керування кутом випередження запалювання. Як правило, мікропроцесорна система одночасно керує і системою подачі палива або в цілому (система Motronic фірми Bosch), або яким-небудь її елементом, найчастіше, економайзером примусового неробочого ходу (автомобіль ВАЗ-21083, ГАЗ-3302 "Газель" тощо).

Центральною частиною мікропроцесорної системи є контролер (мікро-ЕОМ, мікропроцесор). На рис. 8.13 показана структурна схема контролера МС2713 "Електроніка", який застосовується на деяких модифікаціях автомобілів "Волга", "Газель", ВАЗ-21083. Функції контролера - обробити інформацію, що надходить від датчиків, і відповідно до неї, встановити оптимальний для цього режиму кут випередження запалювання, дати команду через комутатор на утворення іскри запалювання.

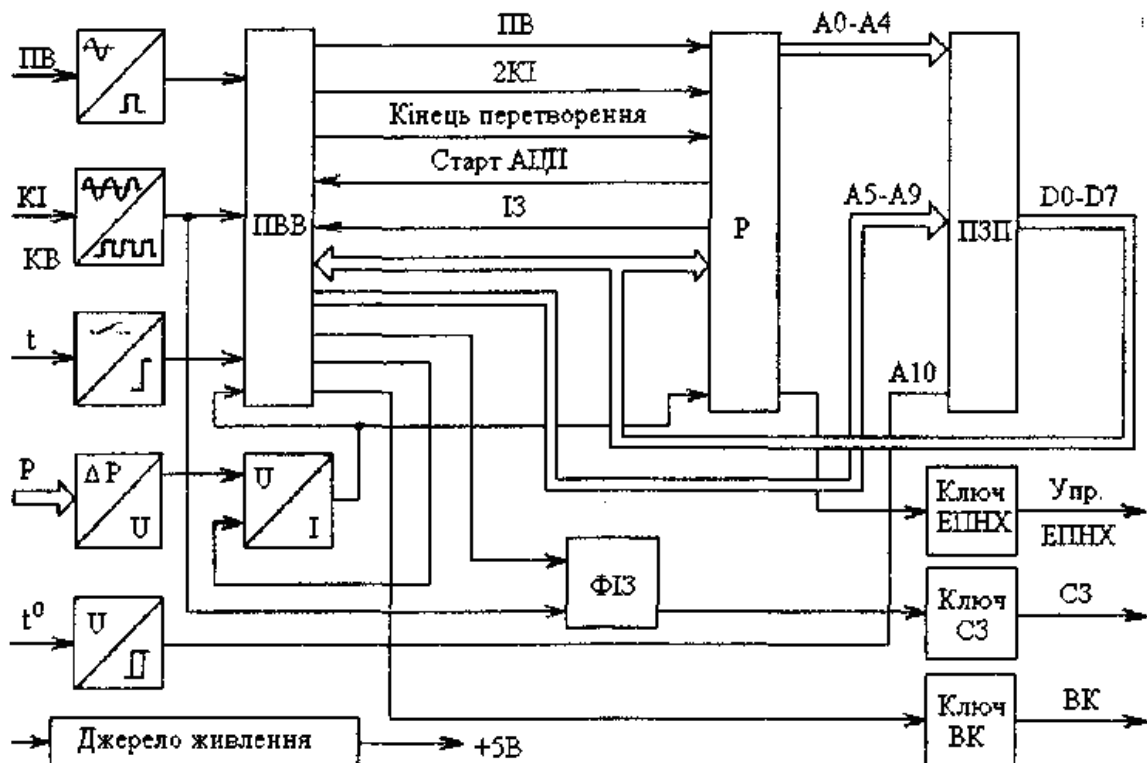


Рис.8.13 – Структурна схема контролера МС2713 "Електроніка"

У режимі примусового неробочого ходу контролером видається команда на припинення подачі палива. Контролер одержує інформацію від індукційних датчиків: початку відліку ПВ, встановленого на картері зчеплення, який генерує імпульс напруги в момент проходження в його магнітному полі сталевго штифта, укріпленого на маховику, коли поршні 1-го і 4-го

## **Лекція 8 — Цифрові і мікропроцесорні системи запалювання**

циліндрів знаходяться у верхній мертвій точці; давача кутових імпульсів КІ, який реагує на проходження зубців шестірні вінця маховика і видає контролеру інформацію про частоту обертання і кут повороту колінчастого вала двигуна; напівпровідникового давача температури  $t$  охолодної рідини, який інформує про досягнення температури заданого рівня; давача розрідження у впускному колекторі тензометричного типу, який інформує про навантаження двигуна.

Для керування економайзером примусового неробочого ходу ЕПНХ сигнал надходить з кінцевого вимикача КВ від дросельної заслінки. Сигнали з давачів ПВ й КІ перетворюються у прямокутні імпульси з логічними рівнями відповідно до інтегральних мікросхем; аналогічно трансформується сигнал з давача розрідження.

Система працює так. У постійному запам'ятовуючому пристрої ПЗП контролера записана інформація про оптимальний кут випередження запалювання залежно від частоти обертання колінчастого вала і навантаження двигуна. Інформація записана в двох варіантах: для характеристик холодного (температура охолоджувальної рідини нижче  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) і прогрітого двигуна. Потрібна характеристика вибирається за сигналом з давача температури, який визначає заповнення 10-го розряду адреси ПЗП А10.

Процесор на мікросхемі КМ1823ВУ1 формує сигнал "Старт АЦП", за яким пристрій введення-виводу ПВВ запускає перетворювач "напруга-час" і перетворює зміну напруги давача навантаження двигуна в цифровий код. За сигналом "Кінець перетворення" встановлюється в мережі адреса ПЗП (в розрядах А5-А9) з допуском до необхідної інформації. Вимірювання навантаження двигуна і обчислення кута випередження запалювання здійснюється процесором за жорстким алгоритмом. Коли обчислений кут збігається з кутом повороту колінчастого вала, за сигналом процесора через ПВВ включається формувач імпульсів запалювання ФІЗ на мікросхемі КМ 1823АГ1, яка формує імпульси запалювання постійної щільності, що подаються через ключ СЗ на вихід блока керування.

Канали керування багатоканального комутатора вибираються за сигналом ІЗ через ключ вибору каналу ВК.

В сучасних мікропроцесорних системах запалювання з нагромадженням енергії в індуктивності розподіл високовольтних імпульсів за свічками в циліндрах здійснюється без високовольтного розподільника, і найчастіше з застосуванням двовивідних котушок запалювання КЗ. Такі системи запалювання придатні для роботи на чотиритактних двигунах з парною кількістю циліндрів (2, 4, 6, 8,...).

Іскроутворення від двовивідних КЗ в обох свічках S відбувається одночасно. При цьому одна свічка у цьому циклі робоча, інша - неробоча. Свічки встановлюються в ті циліндри, у яких поршні мають однаковий хід у всіх фазах руху. Для 4-циліндрового ДВЗ - це перший і четвертий, а також другий і третій циліндри.

### **Контрольні питання:**

1. Чим відрізняється цифрова і мікропроцесорна системи запалювання?
2. Який принцип роботи двовивідної котушки запалювання?
3. Який принцип роботи чотиривідної котушки запалювання?
4. З чого складається електронна частина цифрової і МП системи запалювання?



### Тема 9 Експлуатація системи запалювання

#### 9.1 Основні несправності системи запалювання

#### 9.2 Технічне обслуговування системи запалювання

#### 9.3 Діагностування МП системи запалювання автомобіля з допомогою інформаційної системи VAS 5051

#### 9.1 Основні несправності системи запалювання

У процесі експлуатації систем запалювання потрібно уважно стежити за монтажем їхніх елементів. З'єднання проводів між собою, а також корпусів апаратів із «масою» мають забезпечувати надійний контакт. У контактнотранзисторних, безконтактних та мікропроцесорних системах запалювання категорично заборонено замикати накоротко вивідні затискачі, а також перемикаєти з'єднувальні проводи, що не передбачено монтажною електросхемою автомобіля.

Під час експлуатації автомобіля чи трактора в системі запалювання можуть виникнути різні несправності, а саме: не запускається двигун; двигун запускається, однак після вимикання стартера зупиняється; двигун запускається важко; не працює один або кілька циліндрів двигуна; циліндри двигуна працюють із перебоями; зниження потужності та економічності двигуна.

Двигун не запускається. Під час обертання колінчастого вала двигуна стартером не виникає іскровий розряд між електродами всіх свічок запалювання, немає спалахів робочої суміші в окремих циліндрах двигуна.

**Основні несправності:** обривання чи пробивання ізоляції високовольтного проводу, який з'єднує котушку запалювання з розподільником; несправний ротор розподільника; пробивання ізоляції вторинної обмотки котушки запалювання; обривання проводів у колі низької напруги, пробивання транзистора в комутаторі безконтактної або контактнотранзисторної системи; замаслювання, велике окислення чи підгоряння контактів переривача; замикання затискача переривача або важільця з корпусом; обривання провідника конденсатора або замикання його обкладок між собою (у контактній системі запалювання).

У безконтактній транзисторній системі запалювання виникають й інші несправності, які спричиняють відмову датчика та транзисторного комутатора.

Для комплексної перевірки всієї системи запалювання (за винятком свічок) від'єднують проводи (чи один провід) від наконечників свічок запалювання та розташовують їх на 5-10 мм від корпусу двигуна. Увімкнувши запалювання стартером або пусковою ручкою, обертають колінчастий вал двигуна і стежать за іскроутворенням у зазорах. Якщо іскри утворюються без перебоїв, то прилади, апарати та кола системи запалювання справні. У цьому випадку перевіряють стан свічок запалювання.

Якщо іскри в зазорах між корпусом двигуна та проводами, від'єднаними від наконечників свічок запалювання, не утворюються, перевіряють розподільник. Для цього виймають високовольтний провід котушки запалювання з центрального входу розподільника, розташовують його наконечник на відстані 5-10 мм від корпусу двигуна й, увімкнувши запалювання, стартером чи пусковою ручкою обертають колінчастий вал двигуна і стежать, чи виникають іскри в зазорі між наконечником проводу та корпусом двигуна. Проте можна і не обертати колінчастий вал двигуна, а зняти кришку розподільника, замкнути контакти, увімкнути запалювання і за допомогою важільця переривача розмикати та замикати їх. Періодичне розмикання та замикання контактів

переривача можна забезпечити також, обертаючи ротор розподільника в обидва боки в межах кута, що його допускають вирізи в повідковій пластині відцентрового регулятора випередження запалювання.

Якщо іскри утворюються без перебоїв, то котушка та первинне коло справні, а несправний розподільник запалювання.

Чи пробито ізоляцію ротора, можна з'ясувати, якщо розташувати провід високої напруги на невеликій відстані від електрода ротора і, увімкнувши запалювання, розмикати та замикати контакти переривача. Якщо в утвореному зазорі виникатимуть іскри, ротор несправний (пробитий). Несправний ротор, приглушувальний резистор і кришку розподільника замінюють. Кришку розподільника та ротор не відновлюють.

Якщо на проводі від котушки запалювання високої напруги немає, перевіряють коло струму низької напруги, котушку запалювання та переривач.

Справність первинного кола можна перевірити за допомогою амперметра. Для цього вмикають запалювання і пусковою ручкою повільно обертають колінчастий вал двигуна. У фазі замикання контактів переривача стрілка амперметра відхилятиметься у бік розряду, а у фазі розмикання - у бік нульової поділки шкали.

Аби детально перевірити коло низької напруги, потрібно пусковою ручкою замкнути контакти переривача і до затискача низької напруги переривача підімкнути контрольну лампу. Вмикають запалювання та періодично розмикають і замикають контакти переривача. Якщо лампа горить, коли контакти розімкнено, і не горить, коли замкнено, то коло струму низької напруги разом із первинною обмоткою котушки запалювання, додатковим резистором, комутатором (у контактнотранзисторній системі) і переривачем справне, тобто коло не обірване.

Якщо лампа, підімкнена до затискача переривача, не горить після розмикання контактів, то перевіряють переривач і коло низької напруги від джерела струму до переривача. Для цього провід від'єднують від затискача переривача, а між наконечником з'єднувального проводу та корпусом підключають контрольну лампу і вмикають запалювання. Якщо лампа горить, то коло до переривача справне, проте несправний переривач, тобто його важілець і провід замкнулися на корпус або замкнулися обкладки конденсатора.

Якщо лампа, підімкнена до затискача переривача, горить, і коли контакти замкнено, то вони або дуже окислені, або обірваний провід від затискача переривача до важільця чи провід, який з'єднує рухомий диск переривача з корпусом. Щоб перевірити стан контактів проводу, який з'єднує затискач переривача з важільцем, і проводу, який з'єднує рухомий диск переривача з корпусом, потрібно, увімкнувши запалювання та підімкнувши лампу, з'єднати провідником контакти між собою. Якщо лампа гасне, то проводи справні, а дуже окислені контакти переривача зачищають. Для цього потрібно зняти важілець і пластину нерухомого контакту та абразивним дрібнозернистим бруском чи пластиною зчистити горбик з одного контакту і трохи згладити поверхню другого, який має заглибину. Обробляючи поверхню контактів, не треба повністю видаляти заглибину, бо залишиться тонкий шар їхньої вольфрамової частини, а це призведе до скорочення терміну служби. Зачищаючи контакти, потрібно стежити, аби їхні площини залишилися паралельними.

Аби перевірити конденсатор у контактній системі на автомобілі, потрібно з центрального входу кришки розподільника вийняти високовольтний провід і піднести його наконечник на відстань 5-10 мм до корпусу двигуна. Знімають кришку та ротор розподільника. Потім вмикають запалювання і пусковою ручкою чи стартером обертають колінчастий вал двигуна,

## **Лекція 9 — Експлуатація системи запалювання**

стежачи за іскроутворенням між контактами переривача, а також між наконечником високовольтного проводу і корпусом двигуна.

Якщо конденсатор справний, то між контактами переривача іноді виникатимуть невеликі іскри, а в зазорі між наконечником високовольтного проводу та корпусом двигуна вони утворюватимуться без перебоїв. У випадку зменшення ємності конденсатора між контактами переривача виникатимуть інтенсивні іскри, а в зазорі між наконечником високовольтного проводу та корпусом двигуна вони утворюватимуться з перебоями та малою довжиною. Якщо обкладки конденсатора замкнено, то струм низької напруги не перериватиметься, і отже, не буде іскріння між контактами переривача, а також між наконечником високовольтного проводу й корпусом.

Аби перевірити справність транзисторного комутатора ТК102, від його затискача і затискача Р від'єднують проводи, підключають лампу до наконечника проводу і вмикають запалювання. Якщо коло низької напруги справне, лампа горить. Якщо лампа не горить, то треба перевірити, чи справне коло, контрольною лампою, по черзі підмикаючи її до затискачів кола низької напруги.

Якщо коло низької напруги справне, від'єднаний провід підключають до затискача комутатора і приєднують до неї контрольну лампу. Потім, увімкнувши запалювання, періодично замикають і розмикають затискач Р комутатора з корпусом. Якщо транзистор комутатора справний, у момент замикання затискача на корпус лампа не горить, бо її закорочує (шунтує) відкритий транзистор. Якщо лампа не горить, коли від'єднано затискач Р, або не гасне, коли цей затискач з'єднано з корпусом, то транзисторний комутатор ТК102 несправний. Якщо комутатор справний, підключають від'єднаний провід до затискача Р і періодично замикають та розмикають контакти переривача, увімкнувши запалювання. Якщо лампа, підімкнена до безіменного затискача комутатора, не гасне чи не горить, то несправний переривач.

У безконтактній транзисторній системі запалювання коло низької напруги перевіряють, підмикаючи контрольну лампу до наконечника проводу, від'єданого від затискача КЗ комутатора. Якщо запалювання ввімкнено, а лампа не горить, перевіряють коло, послідовно підмикаючи лампу в інші точки. Потім перевіряють комутатор.

Щоб перевірити транзисторний комутатор 13.3734, потрібно приєднати провід до затискача КЗ. Лампою перевіряють, чи є напруга на затискачі «+» (повинна не горіти). Потім періодично з'єднують провідником затискачі «+» і Д комутатора. Якщо комутатор справний, то лампа має засвітитися, коли ці затискачі з'єднати.

Для перевірки обмоток датчика один провід від лампи потужністю 1-3 Вт підключають до його затискача, а другий - до затискача «+» акумуляторної батареї чи комутатора. Якщо обмотка справна, лампа горітиме.

Щоб перевірити прилади безконтактної системи, за винятком датчика і транзисторного комутатора, а також, коли несправні датчики та комутатор, потрібно до котушки запалювання увімкнути аварійний вібратор. Якщо двигун з аварійним вібратором працює, то несправний датчик або комутатор. Слід зауважити, що коли система запалювання працює з аварійним вібратором, то порушується кут випередження запалювання (потрібно поставити пізніше запалювання), а контакти вібратора дуже окислюються.

### **Двигун запускається, але після вимикання стартера зупиняється.**

Основні несправності обривання або перегорання додаткового резистора котушки запалювання; обривання чи поганий контакт у наконечниках проводу, який з'єднує затискач

## **Лекція 9 — Експлуатація системи запалювання**

вимикача запалювання з додатковим резистором (затискач ВК-Б або «+»); несправний вимикач запалювання.

Під час пуску двигуна стартером коло струму первинної обмотки котушки запалювання замикають за допомогою реле ввімкнення стартера або тягового реле, тому обривання резистора й кола до котушки запалювання не впливають на роботу системи запалювання, і двигун запускається. Щоб забезпечити роботу двигуна в дорожніх умовах, обірваний резистор потрібно замінити, а коли нового немає - замкнути провідником обидва затискачі несправного резистора. Повернувшись у гараж, потрібно зняти провідник і поставити справний резистор.

### **Двигун запускається важко.**

В період пуску двигуна виникають нерегулярні спалахи робочої суміші в окремих його циліндрах. Проте після пуску та прогрівання двигун працює нормально.

Основні несправності: розряджена акумуляторна батарея; нагароутворення на нижній і волога на верхній частинах ізолятора свічок запалювання; волога на роторі та кришці розподільника.

Якщо акумуляторна батарея розряджена, то під час пуску двигуна стартером напруга на ній дуже знижується. Це можна бачити, насамперед, із поганої роботи стартера. Крім цього, зменшується сила струму в первинній обмотці, а отже, і напруга у вторинній обмотці котушки запалювання. Коли напруга у вторинній обмотці котушки запалювання мала, іскра між електродами свічок запалювання не виникає.

Аби полегшити пуск двигуна пусковою ручкою, коли акумуляторна батарея розряджена, тимчасово можна з'єднати відрізком проводу затискачі ВК і ВК-Б додаткового резистора у первинному колі запалювання, і це підвищить силу струму в останньому і напругу у вторинному колі. Запустивши двигун, провід, який замикає ці затискачі, обов'язково знімають. Інакше перегріються обмотки котушки запалювання, а в транзисторній системі - і транзистор. Перегрівання може призвести до теплового руйнування ізоляції обмоток і пробивання транзистора.

Нагароутворення на ізоляторах свічок запалювання збільшується, якщо несправні двигун та система живлення, а також коли неправильно підібрано до двигуна свічки запалювання.

Волога і бруд на ізоляторах свічок, високовольтних проводах, роторі та кришці розподільника сприяють збіганню струму високої напруги, що значно зменшує напругу, підведену до електродів свічок запалювання, та ускладнює пуск. Крім цього, по вологій поверхні ротора та кришці розподільника може статися іскровий пробій, що призводить до вигорання ізоляції та утворення тріщин. Аби уникнути цього, потрібно періодично (особливо після миття автомобіля) протирати насухо ротор і кришку розподільника.

### **Не працює один чи кілька циліндрів двигуна.**

Основні несправності: не працює свічка запалювання; несправні приглушувальні резистори в наконечниках високовольтних проводів обривання або пробивання ізоляції високовольтного проводу, підімкненого до свічки; пробивання кришки розподільника.

Маючи ці несправності, двигун працює нестійко, значно знижується його потужність, він дуже коливається на опорах, збільшується витрата пального.

З'ясовано, що коли не працює один циліндр, втрата пального в 4-циліндровому двигуні зростає приблизно на 30%, а у 8-циліндровому - на 15%.

Аби виявити непрацюючий циліндр під час роботи двигуна, потрібно по черзі вийняти високовольтні проводи з бічних виводів кришки розподільника, або по черзі зняти наконечники зі свічок. Коли провід від'єднано від непрацюючого циліндра, двигун і далі працюватиме з перебоями, а коли від працюючого - ці перебої збільшуватимуться. Виявивши непрацюючий циліндр, послідовно перевіряють свічку, приглушувальний резистор її наконечника, високовольтний провід і кришку розподільника.

Непрацююча свічка запалювання не така нагріта, як працюючі. Оглядаючи ззовні свічку, з'ясовують її стан (чи є тріщини на ізоляторі, нагар, бруд та масло на ньому, а також зазор між електродами та їхній стан). Замінюючи свічки на двигуні, потрібно ставити тільки їхні типи, рекомендовані заводом-виробником. Коли встановлено холодні (із великим жаровим числом) свічки, то на ізоляторі може утворюватися чорний нагар, якщо його температура буде меншою за температуру самоочищення (400-900 °C). Нагар на ізоляторі не згоряє і замикає центральний електрод свічки на корпус. По шару нагару витікає струм високої напруги і свічка не працює. Несправні свічки очищають або замінюють.

Щоб перевірити наконечник свічки, його слід поставити на свічку працюючого циліндра. Коли й цей циліндр не працює, наконечник несправний.

Оглядаючи кришку розподільника, слід звернути увагу на те, чи є тріщини або сліди пробивання ізоляції біля бічних електродів, а також чи є волога, масло та бруд. Кришку розподільника з вигорілою поверхнею та тріщинами замінюють. Внутрішня та зовнішня поверхні кришки мають бути чисті й сухі. Наконечники високовольтних проводів, які повинні щільно входити у бічні виводи кришки розподільника, потрібно міцно прикріплювати до наконечників свічок запалювання.

Проводи протирають, очищають від бруду та масла, а з пробитою ізоляцією замінюють.

### **Циліндри двигуна працюють із перебоями.**

Двигун працює нерівномірно, коли плавно відкривати дросельну заслінку, і виникають значні коливання на опорах у режимі холостого ходу.

Основні несправності: погіршився контакт у місцях прикріплення проводів на затискачах приладів; послабилося кріплення переривача-розподільника до двигуна; спрацювалися рухомі деталі переривача; обірвалися проводи між його рухомими та нерухомими дисками; зменшилася пружність пружини важільця переривача; окислилися чи замаслилися контакти переривача; змінився зазор між ними; послабилося кріплення корпусу конденсатора до корпусу переривача-розподільника; зменшилася ємність конденсатора; несправна котушка запалювання; пошкоджено кришку розподільника; порушився зазор між електродами свічок запалювання; утворився надмірний нагар на ізоляторах свічок; виникли тріщини у них; підвищилася напруга генератора (для безконтактних транзисторних систем запалювання).

Контакт у місцях прикріплення проводів порушується через нещільності та окислення наконечників. Коли двигун працює, то внаслідок вібрації порушується контакт, і струм у колі переривається. Щоб запобігти цьому, потрібно періодично підтягувати кріплення наконечників проводів на затискачах апаратів і щільно встановлювати наконечники високовольтних проводів у виводах кришки розподільника, котушки запалювання та наконечників свічок, а також підтягувати кріплення переривача-розподільника до двигуна.

## **Лекція 9 — Експлуатація системи запалювання**

Значне спрацювання підшипників валика приводу кулачка переривача спричинює биття кулачка, внаслідок чого порушуються момент розмикання контактів і зазор між ними. Несправність усувають, замінюючи втулки, і в разі потреби шліфують валик приводу.

Нерівномірне спрацювання виступів кулачка переривача через погане змащування або забруднення робочої поверхні призводить до нерівномірного переривання струму у первинному колі для різних циліндрів двигуна. Рівномірність спрацювання перевіряють, вимірюючи зазор на кожній грані кулачка. Спрацьований кулачок замінюють.

Обірваний провід, який з'єднує рухомий диск переривача з корпусом, створює умови для протікання струму тільки через кульковий підшипник. У цьому випадку шар масла в ньому порушує контакт у колі низької напруги, що спричинює перебої у запалюванні, особливо в період пуску двигуна. Обірваний провід замінюють.

Перебої у запалюванні виникають також, коли корпус конденсатора нещільно прикріплено до корпусу переривача в контактній системі запалювання, а також, коли зменшилася ємність конденсатора внаслідок пробивання його діелектрика без замикання обкладок. У цьому випадку збільшується іскріння між контактами. Вони окисляються, швидкість зникнення струму низької напруги в момент розмикання контактів знижується, і напруга у вторинному колі спадає, що спричинює перебої у запалюванні робочої суміші.

Ізоляція вторинної обмотки котушки запалювання пробивається, якщо вона перегрівається, наприклад, внаслідок тривалої роботи із закороченим додатковим резистором, старіння ізоляції, неповного введення наконечників високовольтних проводів в отвори виводів кришки розподільника. Коли пробито ізоляцію вторинної обмотки, то під час кожного розмикання контактів переривача всередині котушки виникає іскровий розряд, внаслідок чого свічки працюють із перебоями.

Міжвиткове замикання первинної обмотки котушки запалювання через теплове руйнування ізоляції витків проводу зменшує опір первинного кола, що призводить до збільшення сили струму та перегрівання первинної обмотки. Міжвиткове замикання виявляють за нагріванням котушки або опором первинної обмотки. Перевірка конденсатора і котушки запалювання наведена в підрозділі «Двигун не запускається».

Тріщини та пробивання ізоляції кришки розподільника між бічними електродами виникають через забруднення чи зволоження поверхні кришки.

Витік струму високої напруги між бічними електродами кришки спричинює несвоєчасне займання робочої суміші в кількох циліндрах двигуна, який через це працює нерівномірно.

Тріщини та нагари в кришці розподільника виявляють візуально, перевіряючи водночас рухомість вугільного резистора в її центральному ввіді. У разі зависання резистор і гніздо протирають. Пошкоджену кришку замінюють.

Свічка запалювання може призвести до перебоїв у роботі циліндрів двигуна, коли на нижній частині її ізолятора відклався нагар і зашунтував електрод або коли вона перегрілася і спричинила жарове запалювання чи тріщини в ізоляторі.

Ізолятори перегріваються, якщо на двигун встановили свічки з малим тепловідведенням (низьким жаровим числом). Ці свічки перегріваються, після вимикання запалювання двигун ще кілька секунд працює, але з нерівномірним обертанням колінчастого вала.

Порушення зазору між електродами свічки змінює напругу та енергію іскрового розряду, а тому робоча суміш у циліндрі двигуна може й не зайнятися, і він працюватиме з перебоями. Зазор цей відновлюють, підгинаючи бічний електрод; контролюють за допомогою щупа.

У безконтактних системах запалювання в транзисторному комутаторі передбачено захист від перенапруг, тому коли напруга генератора перевищує 18 В, транзисторний комутатор не працює, а це спричиняє різке зменшення частоти обертання колінчастого вала двигуна.

### **Зниження потужності та економічності двигуна.**

Під час руху автомобіля двигун розвиває невелику потужність, частіше доводиться вмикати низькі передачі, двигун втрачає приймальність, у разі збільшення навантаження чути детонаційні стукотіння, двигун перегрівається, збільшується витрата пального.

Основні несправності: неправильно поставлене запалювання; несправні регулятори випередження запалювання; порушено зазор між контактами переривача.

Неправильно поставлене запалювання дуже впливає на потужність, економічність і стійкість роботи двигуна. Якщо іскра між електродами свічки утворюється з великим випередженням, то різко підвищується тиск газів у циліндрі до того, як поршень стане у ВМТ, а це перешкодить його руху. Внаслідок цього зменшується потужність та економічність двигуна. Крім цього, погіршиться сприйнятливість двигуна і під навантаженням він працюватиме із стукотінням, а на малій частоті обертання працюватиме нестійко.

Коли робоча суміш займається у ВМТ чи пізніше, то вона згоряє при збільшенні об'єму; тиск газів у циліндрі дуже знижується порівняно з нормальним запалюванням, і потужність та економічність двигуна зменшуються. У цьому випадку догоряє суміш у циліндрі протягом усього такту розширення, а це призводить до перегрівання двигуна та погіршення сприйнятливості автомобіля.

Нормальна робота відцентрового регулятора найчастіше порушується внаслідок обривання та послаблення натягу пружин тягарців, що призводить до збільшення кута випередження запалювання понад норму для малих та середніх частот обертання колінчастого вала двигуна.

Обривання пружин виявляють, повертаючи кулачок переривача в напрямі робочого обертання в межах прорізів повідкової пластини. Коли пружини обірвані, то кулачок обертається вільно, не чинячи опору. Обірвані пружини замінюють.

Нормальна робота вакуумного регулятора порушується внаслідок втрати герметичності його вакуумної камери, послаблення пружини діафрагми, затинання підшипника між рухомим та нерухомими дисками переривача і послабленням гвинтів кріплення регулятора до корпусу розподільника.

Герметичність регулятора порушується внаслідок пошкодження трубки, приєднаної до регулятора, нещільності затягування штуцера й пошкодження діафрагми. Усе це призводить до підсмоктування повітря всередину регулятора, внаслідок чого знижується розрідження в порожнині вакуумної камери, і регулятор не змінює кута випередження запалювання в потрібних межах, коли змінюється навантаження двигуна.

Послаблення пружини діафрагми регулятора внаслідок старіння чи неправильного регулювання сприяє збільшенню кута випередження запалювання за малих і середніх навантажень двигуна. Пошкоджену трубку та регулятор із пошкодженою діафрагмою ремонтують чи замінюють новими.

### **9.2 Технічне обслуговування систем запалювання**

Під час обслуговування автомобіля система запалювання потребує підвищеної уваги. У цьому випадку розподільники класичної та контактнотранзисторної систем запалювання, не знімаючи з автомобіля, очищають ззовні від пилу, бруду та масла. Знявши кришку, очищають її внутрішню поверхню, протирають контакти, змащують підшипники, фільтр, вісь важільця та кулачкової муфти. Внутрішню поверхню кришки доцільно протирати чистою ганчіркою, змоченою в бензині.

Датчики-розподільники також очищають і змащують у точках, передбачених інструкцією з експлуатації.

#### **Зовнішній огляд і перевірка свічок запалювання.**

Під час ТО-2 потрібно викрутити свічки запалювання та перевірити їхній стан. Справна свічка повинна бути сухою, без нагару на ізоляторі. Нижня частина ізолятора матиме червоно-коричневий колір. Ясно-жовтий чи білий колір ізолятора свідчить про перегрівання свічки через те, що її з'єднання з головкою блока пропускає газу. Якщо ізолятор, корпус і електроди вкриває сухий шар нагару, то це - мале жарове число свічки, неправильно відрегульовано карбюратор або пальне не відповідає потрібному гатунку. Якщо усю вкручувану частину свічки вкриває товстий шар масла, то це - велике жарове число свічки, неправильно встановлено запалювання, в циліндри надходить багата суміш або проривається масло.

Перегрівання свічки, білий ізолятор і корпус, густо вкритий нагаром, свідчить про раннє запалювання, мале жарове число, бідну суміш і погане охолодження.

Від нагару свічки очищають за допомогою приладу 514-2М або Э-203. Заздалегідь круглим щупом слід перевірити зазор між електродами свічки і, коли треба, відрегулювати його, підігнувши боковий електрод.

#### **Діагностування системи запалювання на автомобілі.**

Одним з досконалих методів перевірки системи запалювання - осцилографування, за допомогою якого можна зафіксувати процеси, що перебігають у первинному та вторинному колах цієї системи за час між послідовними іскровими розрядами в циліндрах. Електронний промінь, падаючи на екран трубки, спричиняє характерне світіння протягом 0,01-0,05 с. Під дією вимірюваної високої чи низької напруги промінь прямує вгору й одночасно зліва праворуч до початку наступного періоду. Потім він швидко повертається у початковий стан, і процес повторюється.

Оскільки всі періоди ідентичні, то промінь багаторазово прямує одними й тими самими ділянками екрана електронно-променевої трубки, спричиняючи її постійне світіння, що дає змогу візуально спостерігати начебто «завмирання» процесу зміни напруги.

Для реалізації цього методу діагностування фірмами Німеччини, Японії, Угорщини, Росії та інших країн створено і впроваджено в практику ряд тестерів, мотор-тестерів, осцилокопів які дають можливість спостерігати на екрані осцилограми первинної та вторинної напруги системи запалювання. Порівнюючи ці осцилограми з еталонними можна робити висновки про технічний стан окремих елементів системи запалювання. Такі установки є універсальні і широко використовуються в АТП та на СТО для діагностування класичних, контактнотранзисторних та безконтактних систем запалювання автомобілів різних заводів виробників.

Коли на автомобілях стали встановлюватись цифрові та мікропроцесорні системи запалювання, що мають контролери та мікроЕОМ які зберігають в пам'яті всі відхилення від нормальної роботи того чи іншого елементу системи запалювання, з'явилась можливість



знімати (зчитувати) з пам'яті інформацію про ці несправності. Тому нові діагностичні установки мають можливість проводити самодіагностування автомобіля шляхом зчитування з пам'яті інформацію про несправність елементів системи запалювання (датчиків) комутатора, катушок, свічок запалювання і інших елементів, а також електронного обладнання автомобіля в цілому.

Для такого діагностування прилад з'єднується з діагностичною колодкою автомобіля і при працюючому чи непрацюючому двигуні знімається інформація про стан того чи іншого елементу системи електронного обладнання.

Для поглибленого діагностування автомобілів деякі фірми випускають додаткове обладнання у вигляді перехідників (діагностична шафа з гніздами). Вона приєднується між роз'ємом що передає вхідну та вихідну інформацію в бортовий комп'ютер та самим комп'ютером. В такому разі двигун запускається, працює на всіх режимах і з'являється можливість знімати всі сигнали, що надходять та виходять з комп'ютера, аналізувати їх, порівнюючи з еталонними та робити висновки про технічний стан того чи іншого елементу електронного обладнання автомобіля.

### **9.3 Діагностування МП системи запалювання автомобіля з допомогою інформаційної системи VAS 5051**

Кожна фірма, що виробляє автомобілі, розробляє і впроваджує такі діагностичні інформаційні системи для своїх автомобілів.

Для прикладу розглянемо інформаційну систему VAS 5051, що застосовується при сервісному обслуговуванні та ремонті автомобілів Volkswagen в тому числі і автомобілів "Skoda". Ця діагностично-інформаційна система дозволяє виконувати такі функції:

- виконувати автоматичну системну перевірку електронних систем автомобіля (самодіагностування автомобіля);
  - у відповідності з тест-планом проводити спрямований пошук несправностей;
  - проводити виміри електричних сигналів за допомогою вимірювального інструменту;
  - виводити результати діагностування на друк або інші носії інформації.
- Інформаційна система VAS 5051 дозволяє проводити діагностування та тестування наступних агрегатів, вузлів і систем автомобіля:
- двигуна (систем запалювання, живлення та охолодження);
  - трансмісії (коробки передач, зчеплення);
  - ходової частини (підвіски, шин);
  - системи електропостачання (генераторної установки, акумулятора);
  - гальм;
  - рульового керування;
  - систем освітлення, світової та звукової сигналізації;
  - кузова (встановлення дверей, регулювання сидіння, люка даху, подушок безпеки, центрального замка, іммобілайзера (протикрадіжну систему), систему охолодження та підігріву повітря, блока керування кліматом салону, склоочисників, освітлення салону, радіо- і телеустаткування та інше);
  - панелі приладів, систем індикації та контролю.

Крім того, за допомогою вимірювального приладу в режимі мультиметра на екрані осцилографа можливе тестування роботи катушки запалювання, високовольтних проводів, свічок запалювання, перевірка діодів, вимірювання величин струму, напруги, опору.

### Будова приладу.

Інформаційна система VAS 5051 складається з тестера, рухливої рами, кабелів для підключення діагностичного і вимірювального устаткування, принтера.

Тестер працює від напруги змінного струму від 120 до 230 В, а також від електричної бортової мережі автомобіля (якщо це забезпечує діагностичний кабель). Від вбудованого акумулятора прилад може працювати приблизно 30 хв., завдяки чому при зміні робочого місця його не потрібно вимкнути.

Тестер реагує на команди, які вводяться натисканням пальця (або іншим тупим предметом) безпосередньо на відповідне зображення на сенсорному екрані. Завдяки наявності інфрачервоного порту існує можливість бездротового підключення принтера.

На лицьовій стороні розміщені світлодіоди і сенсорний екран.

На лівій стороні приладу розташоване роз'єднання для підключення його до електромережі.

На правій стороні розміщені дискет для дискет 3,5 дюйми, пристрій для читання CD-ROM, вихід аудіо сигналу, інфрачервоний порт для принтера та вимикач - "Вкл / Викл".

На верхній стороні тестера розташовуються роз'єднання кабелів для вимірювального устаткування, а також рукоятка для перенесення приладу.

Кабелі для підключення діагностичного і вимірювального устаткування утворюють вимірювальний інтерфейс між системою VAS 5051 і автомобілем. Вони одержують вихідні сигнали з об'єкта, що діагностується, та передають їх до приладу VAS 5051 для наступної обробки.

У комплект кабелю для підключення вимірювального устаткування входить: вимірювальна лінія U/R/D (плюсовий полюс); вимірювальна лінія COM (мінусовий полюс); два однакових вимірювальних кабелі для ЦЗО; електровимірювальні кліщі на 50 А.

Кліщі для підвищеної напруги призначені для одержання амплітуди напруги запалювання і відстеження процесу проходження напруги в системі запалювання. Їх можна розкрити та обжати навколо кабелю високої напруги в двигуні автомобіля. У цьому випадку вони діють як ємнісний подільник напруги. Для вимірів підходять проводи діаметром від 5 до 9 мм.

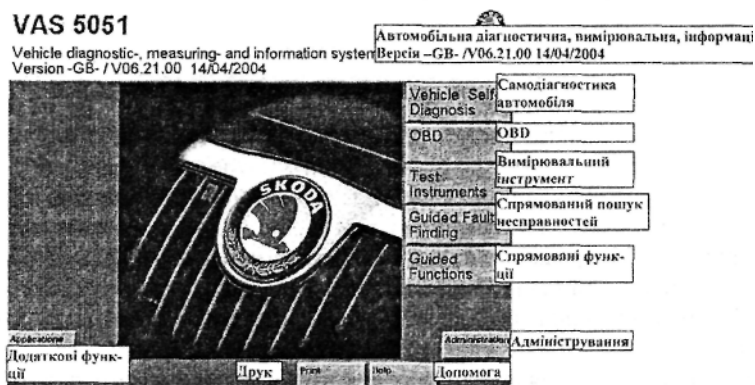
Підготовка приладу до роботи

1. Підключити тестер VAS 5051 до електромережі за допомогою трьохжильного кабелю живлення із заземлюючим контуром. При цьому повинні засвітитися зеленим світлом двоколірні світлодіоди СД1, розташовані вгорі на лицьовій стороні тестера, почне працювати вбудований вентилятор охолодження тестера.

2. Включити тестер, перемкнувши чорний вимикач "Вкл / Викл" на правій стороні тестера в положення "1".

3. Пуск / завантаження. Перевішивши вимикач у положення "Вкл", починається запуск програмного забезпечення тестера. Завантаження програми з жорсткого диска в оперативну пам'ять відбувається в автоматичному режимі. Під час запуску тимчасово висвітлиться напис "VAS 5051".

Після появи стартової сторінки (рис. 9.1) тестер готовий до роботи.



**Рис.9.1 - Стартова сторінка тестера VAS 5051**

Подальше керування тестером здійснюється через сенсорний екран. На ньому з'являються діалогові вікна з інформацією, перелік операцій, малюнки і підписані кнопки (клавіші) для вибору функцій та операцій.

4. Підключення вимірювальних кабелів.

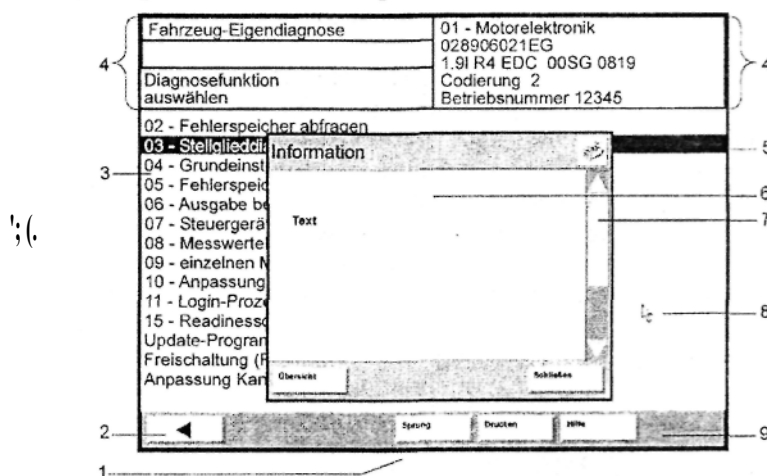
а). Підключити вимірювальну лінію COM до гнізда тестера з позначенням "COM" (чорного кольору).

Для вимірювання напруги підключіть 4-мм банановий контактний штекер з 3-полюсною штепсельною вилкою вимірювальної лінії U/R/D у червоне гніздо з позначенням "U/R/D"

б) Підключити кабель в одне із синіх гнізд на тестері, відзначених як "DS01" або "DS02". Гніздо "DS01" можливо використати також як другий канал для мультиметра.

в) Підключити штекер відповідного кабелю до гнізда з позначенням "DIAG" (чорного кольору).

5. Порядок роботи із заставками. Заставка (відображення даних на екрані) як приклад наведена на рис. 9.2.



**Рис. 9.2 - Приклад роботи з екраном:**

1 - сторінка екрану; 2 - кнопка керування в рядку керування; 3 - робоче вікно; 4 - ліве і праве інформаційне вікно; 5 - виділений рядок; 6 — діалогове вікно; 7 - лінійка прокручування; 8 - курсор; 9 - рядок керування

## Лекція 9 — Експлуатація системи запалювання

У лівому вікні відображається наступна інформація:

- 1-й рядок: найменування режиму (наприклад, "Самодіагностика автомобіля"; "Вимірювальна техніка"; "Пошук несправностей"; "Адміністрація");
- 2-й рядок: найменування функції, активованої у відповідному режимі (наприклад, "Ідентифікація автомобіля");
- 3-й і 4-й рядки: посібник з експлуатації (наприклад, вибір функції діагностики) або відображення поточного стану (наприклад, функція не доступна); більш докладна інформація з відображуваної функції. У правому інформаційному вікні відображаються результати або раніше обрані операції. У режимі "Вимірювальна техніка" у ньому відображаються також повідомлення про помилки. У режимі "Самодіагностика автомобіля" можливо вибрати один з відображуваних у списку приладів керування ставляться до блоку двигуна.

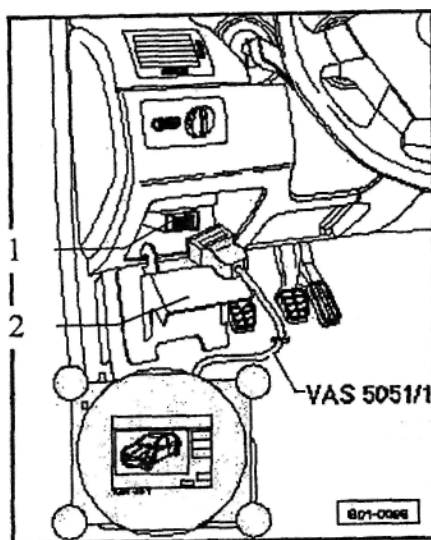
Діалогове вікно являє собою невелику заставку, яка висвічується поверх основної заставки. У ньому відображаються додаткова інформація, варіанти керування і повідомлення про помилки, необхідні для виконання наступних кроків обраної програми. Рядок керування знаходиться в нижній частині заставки. За допомогою кнопок цього рядка можливо викликати допоміжні та службові функції. Кожне натискання однієї із кнопок веде до зміни робочого вікна. У рядку керування перебувають максимум сім кнопок керування. Кількість кнопок залежить від заставки та від її поточного стану.

### Самодіагностування мікропроцесорної системи запалювання автомобіля Skoda Octavia

В режимі „Самодіагностування автомобіля” при підключеному діагностичному кабелі і ввімкненому запалюванні автомобіля прилад VAS 5051 проводить опитування автомобільного комп'ютера про наявність електронних систем та їх модифікації, про наявність несправностей та помилок в цих системах і виводить результати опитування на екран. При потребі ці результати можна зберегти на жорсткому диску чи на дискеті або роздрукувати на принтері.

**Послідовність виконання робіт. Підключення приладу до автомобіля і виведення інформації про системи на його екран.**

Центральне гніздо 1 під'єднання діагностичного кабелю VAS 5051/5A для приладу



**Рис. 9.3 - Розташування з'єднувального діагностичного роз'єднання на автомобілі**

VAS 5051 у автомобіля Octavia знаходиться зліва внизу під панеллю приладів (рис. 9.3). Послідовність дій така:

## Лекція 9 — Експлуатація системи запалювання

1. Під'єднати штекер діагностичного кабелю до гнізда I автомобіля (рис. 9.3).
2. Під'єднати прилад до зовнішньої електромережі 220 В.
3. Включити прилад. Перевести вимикач Вкл/Викл в положення „І". Після включення вимикача, починається „запуск" приладу. Далі відбувається завантаження програм з жорсткого диску в оперативну пам'ять приладу VAS 5051. Під час запуску тимчасово висвічується напис „VAS 5051". Після того, як з'явиться початкова сторінка, прилад готовий до роботи.
4. Увімкнути нейтральну передачу автомобіля.
5. Увімкнути запалювання (ключ повернути один раз без включення стартера).
6. Вибрати режим роботи приладу — „Самодіагностування автомобіля" на стартовій сторінці, далі на екрані відкриється наступна сторінка із списком назв електронних систем автомобілів, які можуть бути встановлені на автомобілях "Skoda", їх стан та їхні номери — надалі адреси.
7. Далі натискаємо на рядок 01 Engine electronics (Електроніка двигуна). Після цього відбувається з'єднання приладу VAS 5051 через діагностичний кабель з даною системою та проводиться її самодіагностування.

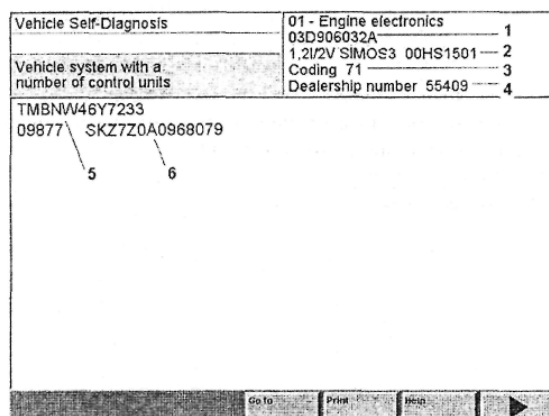


Рис. 9.4 - Ідентифікація блоку керування

На екрані діагностичного приладу VAS 5051 відобразиться ідентифікація блоку керування (рис. 9.4) з додатковою інформацією:

- 1 - номер блоку керування, як запасної частини в Каталозі запасних частин.
- 2 - позначення деталі і виробника, а також версія програмного забезпечення панелі приладів;
  - 1.2I/2V - робочий об'єм двигуна та кількість клапанів на циліндр.
  - SIMOS 3 - позначення системи.
  - 00 - кількість представлених каналів адаптації.
  - HS - механічна коробка передач.
  - 1501 - версія софтвера (програмного забезпечення).
- 3 - кодування блоку керування.
- 4 - номер дилера із приладу VAS 5051 за допомогою якого було проведено останнє кодування.
  - 5 - ідентифікаційний номер автомобіля, VIN-код.
  - 6 - ідентифікаційний номер блоку керування іммобілайзером.
- 7. Вибрати 1§ЩЩ - на екран буде виведено перелік функцій, які можна застосувати до даної системи.
- 8. Вибрати функцію 02-Зчитування пам'яті несправностей.

## Лекція 9 — Експлуатація системи запалювання

Після цього на екран буде виведено список несправностей, які зберігаються в пам'яті, або ж з'явиться зображення рис. 9.5 (фрагмент екрана) за відсутності помилок в даній системі.

За наявності помилок в пам'яті несправностей тестер виведе на екран номери помилок з пояснювальним текстом (рис. 9.6).

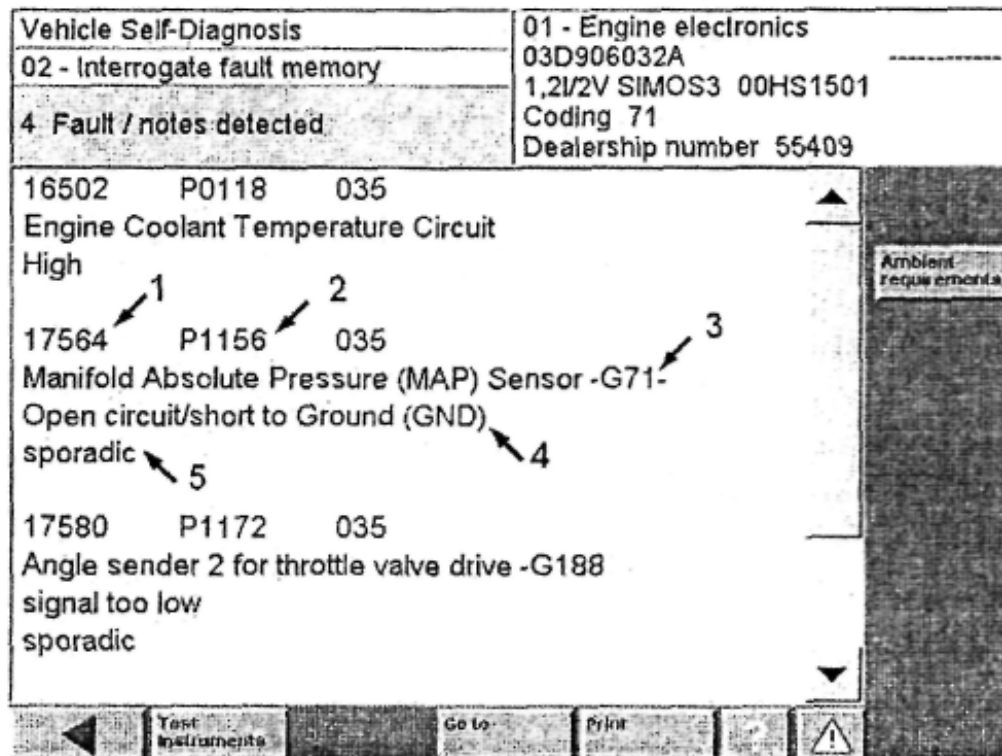


Рис. 9.5 - Позначення несправностей

Позначення помилки включає в себе:

1. Номер помилки.

Таблиці несправностей, які знаходяться у відповідній літературі по ремонту, класифікуються у відповідності з номером помилки.

2. Код SAE. Має значення лише для автомобілів, що експлуатуються в США.

3. Місце помилки.

Описується елемент, який спричиняє помилку.

4. Тип помилки 1.

Описується невідповідність даних, які спричиняють помилку.

5. Тип помилки 2 - „Спорадична” (Випадкова помилка, яка виникла один раз на 50 пусків двигуна).

Виводиться на екран, якщо помилка спорадична.

6. Користуючись зображенням на екрані тестера і таблицею помилок - визначається несправність в системі запалювання двигуна.

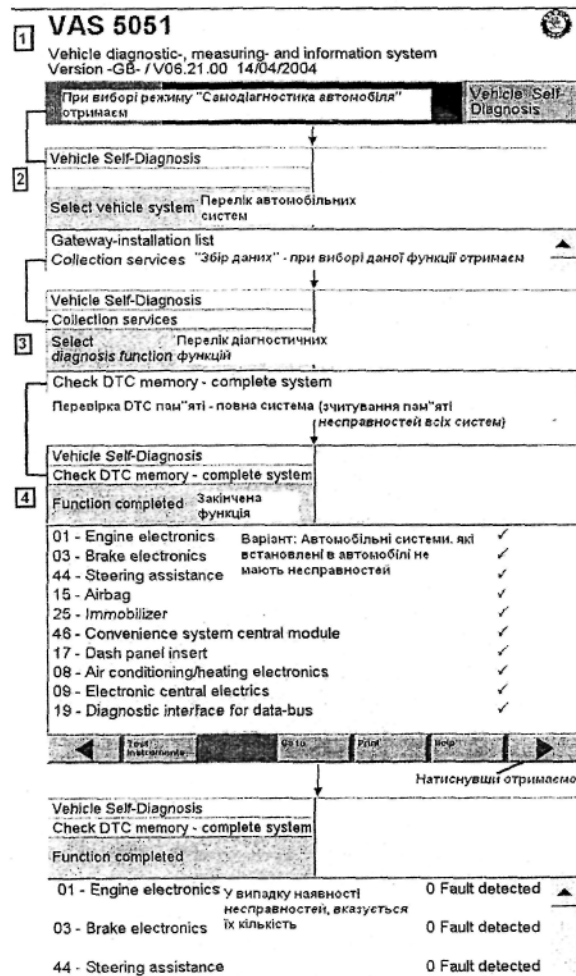
7. Вибрати функцію 05-Очищення пам'яті несправностей.

На екран буде виведений запит для підтвердження вибраної дії. Необхідно вибрати „Так”.

8. Вибрати функцію 06-Кінець виходу.

9. Вимкнути запалювання.

На рис. 9.6 показана послідовність та результати самодіагностування автомобіля Skoda Octavia.



**Рис.9.6 - Послідовність виконання та результати самодіагностування автомобіля Skoda Octavia**

За результатами даного самодіагностування автомобіля Skoda Octavia несправностей не виявлено.

## Перевірка датчиків мікропроцесорної системи запалювання за допомогою діагностичного приладу VAS 5051

Перевірка датчиків може проводитись за допомогою приладу VAS 5051 в режимі "Вимірювальна техніка" (Test instruments) або за допомогою вимірювального блоку V.A.G 1598/31 (вимірювальної шафи).

У режимі "Вимірювальна техніка" надається можливість налагодити потрібні властивості вимірювальної техніки й провести необхідні вимірювання. Результати вимірювань відображаються на екрані в цифровому або графічному вигляді.

У режимі "Вимірювальна техніка" доступні наступні функції:

1. Мультиметр.
2. DSO (ЦЗО цифровий запам'ятовувальний осцилограф).

Вимірювальні функції на екрані приладу розділені на два функціональні блоки (рис. 9.7):

Функціональний блок 1 екрану (виміри по вимірювальній лінії U/R/D) дає змогу здійснити:

- 1) вимірювання напруги;

- 2) магістральне вимірювання сили струму;
- 3) вимірювання опору;
- 4) перевірку діодів;
- 5) перевірку цілісності кола проводів.

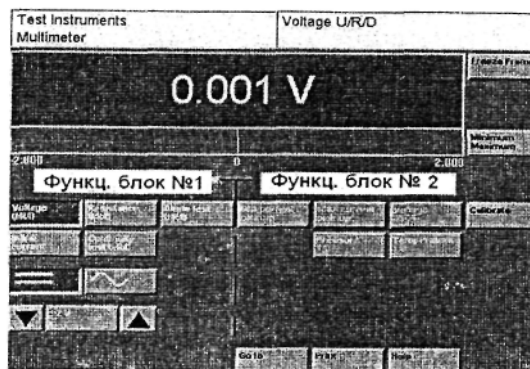


Рис. 9.7 - Мультиметр

Функціональний блок 2 екрану (вимірювання за допомогою електровимірювальних кліщів, вимірювального кабелю-DSOI) дає змогу виміряти:

- 1) силу струму 50 А за допомогою електровимірювальних кліщів;
- 2) силу струму 500 А за допомогою електровимірювальних кліщів;
- 3) напругу за допомогою вимірювального кабелю DSO1.

Кнопки, якими здійснюється вибір функціонального блоку, відрізняються на екрані написами, зробленими різним кольором.

### **Обов'язкові умови при проведенні перевірки:**

- Напруга акумуляторної батареї як мінімум 11.5В (перевірку провести навантажувальною вилкою без навантаження).
- Заземлення на „масу" між двигуном (на картері коробки передач) і кузовом (під акумуляторною батареєю) в порядку.
- Всі запобіжники у відповідності з актуальною схемою з'єднань в порядку.

### **Перевірка електропроводів і деталей системи запалювання за допомогою випробувального блоку -V.A.G. 1598/31**

Конструкція вимірювального блоку V.A.G 1598/31 (рис. 9.8) дозволяє одночасне з'єднання із джutom проводів блоку керування двигуном так і з самим блоком керування.

Це має ту перевагу, що електронне керування двигуна залишається працездатне навіть з приєднаною вимірювальною шафою (наприклад для зняття сигналу при працюючому двигуні).

Поглиблену перевірку датчиків і електропроводів, які входять в систему запалювання, необхідно проводити при наявності помилки в пам'яті несправностей, спричиненої тим чим іншим елементом системи.

При наявності помилки, у випадку коли двигун запускається, значення параметрів, які вимірюються, можна вивести на екран тестера VAS 5051 в аналітичному вигляді через функцію 08 - Зчитування блоку отриманих величин. Невідповідність даних, по відношенню до нормативних, дає привід для більш детальної перевірки елементів з'єднань, які спричиняють помилку.

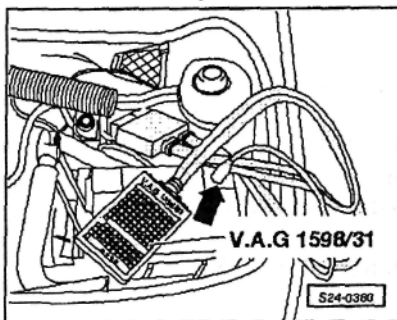


## **Лекція 9 — Експлуатація системи запалювання**

Для цього додатково до діагностичного приладу VAS 5051 і його вимірювальних ліній необхідно користуватись випробувальним блоком -V.A.G. 1598/31-.

### **З'єднання вимірювального блоку V.A.G 1598/31 з автомобілем.**

1. Вимкнути запалювання (обов'язково!).
2. Звільнити доступ до блоку керування шляхом демонтажу елементів конструкції кузова автомобіля



**Рис. 9.8 - Підключення вимірювальної шафи VAG 1598/31**

Блок керування двигуном автомобіля SUPERB знаходиться зліва від акумуляторної батареї в вологозахисному футлярі.

3. Викрутити гвинти кріплення кришки футляра.
4. Відкрити кришку.
5. Зняти скобу, яка утримує блок керування.
6. Вивести блок керування із футляра.
7. Відпустивши фіксатори штекерних з'єднань, від'єднати штекерні з'єднання від блоку керування двигуном.
8. Приєднати випробувальний блок V.A.G 1598/31 до обох штекерних з'єднань в джгуті проводів і до блоку керування. Приєднати затискач для з'єднання з „масою” - стрілка (рис. 9.8) випробувального блоку до „- мінуса” акумуляторної батареї.

Після такого підключення автомобіль повністю залишається працездатним.

### **Перевірка датчика G40 - Холла**

**Датчик G 40** служить для визначення положення розподільчого валу, а значить і про момент запалювання в першому циліндрі двигуна, працює на ефекті Холла.

Місце знаходження датчика на двигуні — передня частина двигуна, привідний шків розподільчого валу.

**Для перевірки слід задіяти наступні контрольні і вимірювальні прилади, допоміжне обладнання.**

- Діагностичний прилад VAS 5051.
- Кабель діагностичної установки VAS 5051/5 A
- Випробувальний блок V.A.G 1598/31.
- Допоміжний вимірювальний комплект V.A.G 1594 A. - U/R/D-лінія VAS 5051/7.
- DSO кабель VAS 5051/8. Умови проведення перевірки:
  - Діагностичний прилад VAS 5051 з'єднати з автомобілем через діагностичний кабель VAS 5051/5A та приєднати до зовнішньої електромережі і ввімкнути.
  - До тестера приєднати джуги проводів U/R/D - лінія VAS 5051/7 і DSO кабель VAS 5051/8 у відповідні гнізда.
  - До автомобіля приєднати випробувальний блок V.A.G 1598/31. Порядок виконання

роботи:

1. Поставити нейтральну передачу в КПП автомобіля.
2. Запустити двигун і залишити його працювати на обертах холостого ходу.
3. Вибрати режим роботи тестера - Самодіагностика автомобіля.
4. Вибрати систему 01 - Електроніка двигуна.
5. Вибрати функцію 08 - Зчитування блоку отриманих величин.
6. Ввести номер каналу 012.
7. Виведені параметри екрану розшифровані в таблиці 3.3.
8. Заповнити графу „Отримане значення" в протоколі випробувань.
9. Перейти в режим роботи тестера - Вимірювальна техніка, вибравши відповідну піктограму знизу екрану в рядку керування.
10. В цьому режимі перейти у вікно DSO (ЦЗО) шляхом вибору у рядку керування і далі DSO.
11. Користуючись схемою (рис. 9.9), зняти осцилограму сигналу з датчика Холла.

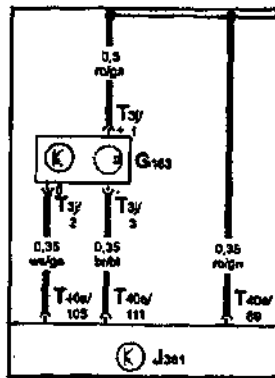


Рис 9.9 - Схема підключення приладу для зняття осцилограми G40

У нормально працюючого датчика осцилограма сигналу повинна відповідати зображенню, як на рис. 9.10.

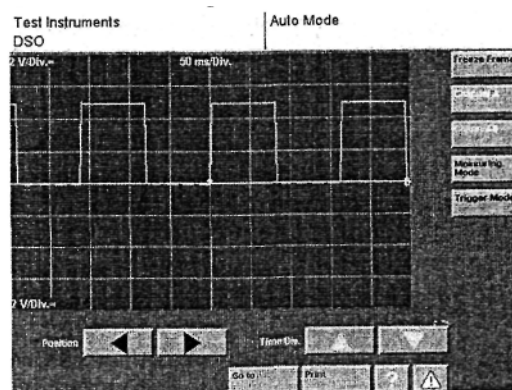


Рис. 9.10 - Осцилограма еталонного сигналу з датчика Холла

У випадку якщо вона не відповідає нормі то необхідно провести подальшу перевірку:

1. Відключити кабель DSO від випробувального блоку.
2. Вимкнути запалювання.
3. Від'єднати штекерну колодку від датчика Холла - G40 до двигуна.
4. Перейти в режим мультиметра, вибравши і далі - мультиметр.
5. Вибрати режим вимірювання напруги.

6. Включити запалювання автомобіля.

Користуючись схемою і даними таблиці 9.1, перевірити живлення датчика (номер контакту знаходиться на штекері під пильником) за допомогою щупів U/R/D - лінії VAS 5051/7 - *перший контакт в таблиці- плюсовий щуп.*

**Таблиця 9.1 – Перевірка живлення датчика Холла – G40**

3-х контактний штекерний з'єднувач, контакт №	Необхідне значення, В	Отримане значення, В
1+3	5,0В	
„+АКБ”+3	Напруга АКБ	

Якщо напруга відповідає нормі, то ймовірно несправний датчик. Якщо напруга не відповідає нормі, то виконати такі операції:

1. Від'єднати щупи.
2. Вимкнути запалювання.
3. За допомогою схеми (рис. 9.9) і таблиці 9.2 перевірити електропроводи з'єднання датчика і блоку керування на обрив, замикання на масу, або ж замикання в джгуті проводів між собою.
- 4.

**Таблиця 9.2 – Перевірка електроприводів з'єднань датчика Холла- G40**

3-х контактний штекерний з'єднувач, номер контакту	Випробувальний блок -V.A.G. 1598/31-, гніздо номер
1	89
2	105
3	111

### **Перевірка датчика температури охолоджувальної рідини G62**

Місце знаходження датчика на двигуні - зверху ззаду блока циліндрів в системі охолодження за клапанною кришкою.

#### **Порядок виконання роботи:**

1. Виконати робочі операції № 1 -5 щодо перевірки датчика G 40.
2. Ввести номер каналу 004.

Пояснення до зображення на екрані наведені в таблиці 9.3. Зчитати значення температури охолоджувальної рідини в полі «3» екрану та записати їх до таблиці.

Запустити двигун (порядок проведення викладено вище).

При працюючому двигуні температура повинна рівномірно зростати.

Таблиця 9.3 – Основні функції температур

Зчитування блоку вимірювальних величин канал 004				<Зображення на екрані		
xxx об/хв	xx,х В	xxx,х °C	xxx,х °C	<Зображуване поле	Необхідне значення	Отримане значення
1	2	3	4	Температура впускного повітря	-39,8–105,0	
				Температура охолоджувальної рідини	80,0–115,0	
				Напруга живлення блоку керування двигуном	11,9–14,7	
				Оберти двигуна (оберти холостого ходу)	580–830	

Якщо зображення в полі «3» екрану має значення -40,5 °C або 139,5 °C -це говорить про наявну несправність, в цьому випадку слід:

1. Роз'єднати 4-х контактний штекер ний з'єднувач датчика.
2. По вищевикладеній методиці перевірити опір на контактах 3 і 4 датчика.

Необхідні значення в залежності від температури представлені на графіках.

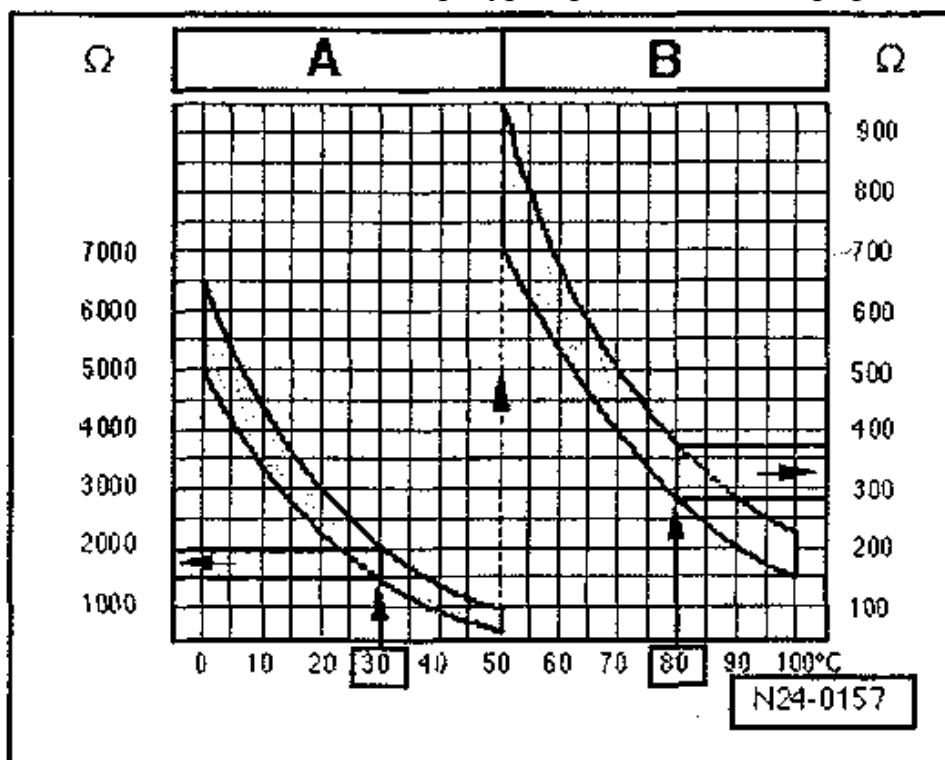


Рис. 9.11 - Залежність опору датчика G 62 від температури

Якщо необхідне значення не досягнуто, то ймовірно несправний датчик температури охолоджувальної рідини і його слід замінити.

Якщо необхідне значення досягнуто, то за вищевикладеною методикою перевірки електропроводів і користуючись таблицею перевірити електропроводи на обрив, коротке замикання на масу і замикання всередині джгута проводів.

**Таблиця 9.4 – З'єднання для перевірки електропроводів датчика G40**

4-х контактний штекерний з'єднувач, номер контакту	Випробувальна шафа -V.A.G. 1598/31-, гніздо номер
3	83
4	104

Панівипгюбувань занести ло таблиці 9.5.

В протоколі випробувань зробити висновок про технічний стан датчика G62 і електропроводів з'єднань.

### **Перевірка датчиків детонації G61 і G66**

Датчики детонації служать для зменшення кута випередження запалювання при виникненні детонаційного згоряння в циліндрах. Місце встановлення датчиків на двигуні - зліва на кривошипній камері під впускним колектором.

**Таблиця 9.5 – Дані перевірки датчика G62**

Параметр, що перевіряється	Нормативне значення		Дані вимірювань		Висновок
Опір датчика – G62– по графіку рис. 3.69	При 30 °С 1500–2000 Ом				
Електропровід контакту 1	КЗ	На «масу»	КЗ	На «масу»	
	0 Ом	+ ∞			
2	0 Ом	+ ∞			

### **Порядок виконання роботи:**

1. Перейти в режим роботи тестера- Вимірювальна техніка.
2. Перейти на заставку DSO.
3. Включити запалювання.
4. У відповідності до схеми рис. 3.70 і даним таблиці 3.14 провести з'єднання для перевірки датчиків детонації G61 і G66.

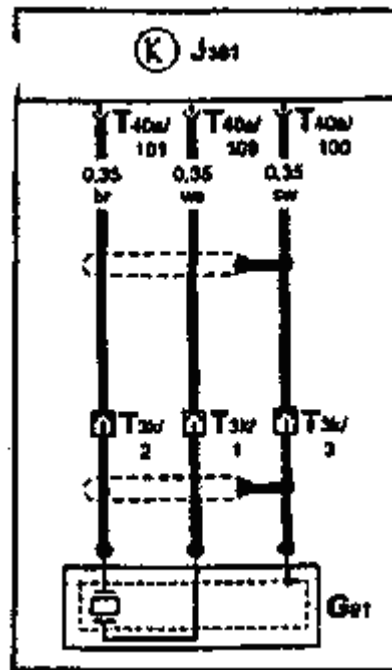


Рис. 9.12 - Схема підключення приладу для зняття осцилограм сигналу датчиків детонації G 61 та G 66

Таблиця 9.6 – З'єднання для зняття сигналу датчиків G61 і G66

DSO кабель VAS 5051/8, приєднування щупа	Випробувальний блок -V.A.G. 1598/31-, гніздо номер
„+”,G61	101
„-”,G61	109
„+”,G66	102
„-”,G66	110

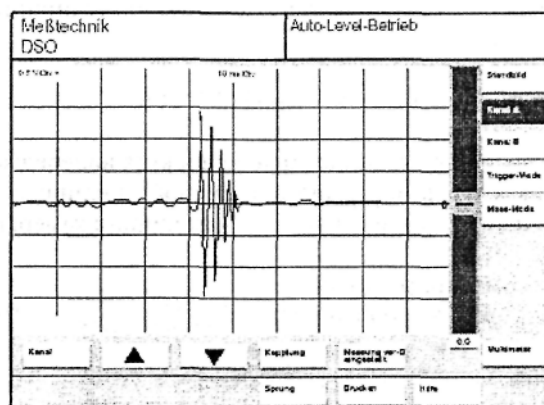


Рис. 9.13 - Осцилограма справної роботи датчика детонації при постукуванні по ньому

Якщо осцилограма не відповідає нормі, то слід виконати такі дії:

1. Відпустити гвинт кріплення датчика і закрутити його з зусиллям 8Н-м.

2. Повторити перевірку.
3. Виконати перевірку електропроводів за вищевикладеною методикою відповідно до схеми.

**Таблиця 9.7 – З'єднання для перевірки електроприводів датчиків G61 і G66**

<b>3-х контактний штекерний з'єднувач для датчика G61 і G66 відповідно, номер контакту</b>	<b>Випробувальна шафа V.A.G. 1598/31-, гніздо номер:</b>
1	109
2	101
3	100
1	110
2	102
3	103

Якщо електропроводи не мають несправностей, ймовірно несправний датчик і його слід замінити.

Зробити висновок про технічний стан датчиків детонації G61 і G66.

Перевірка решти датчиків та елементів системи запалювання автомобіля «Skoda» (датчика положення дросельної заслінки, датчика тиску температури у впускному трубопроводі, котушки та свічок запалювання, а також діагностування та перевірка інших елементів електронного обладнання автомобілів «Skoda») проводиться за аналогічною методикою яка описана в Методичних вказівках по експлуатації приладу VAS5051.

**Контрольні питання:**

1. Які основні несправності систем запалювання?
2. Як перевіряються свічки запалювання?
3. Яким чином здійснюється діагностування систем запалювання на автомобілі?
4. Для чого використовується система VAZ 5051?

### **10.1 Призначення стартера. Будова стартера**

#### **10.2 Система стоп – стартера**

### **10.1 Призначення стартера. Будова стартера**

Система пуску двигуна складається із стартерної акумуляторної батареї, стартера, або пускового пристрою із своїм стартером, комутаційної апаратури і засобів полегшення пуску.

Стартер чи пусковий пристрій призначений для обертання колінчастого вала з певною (пусковою) частотою, за якої забезпечуються умови для запалювання й згоряння пального в циліндрах. У бензинових двигунах ця частота становить 40-50 хв<sup>1</sup>, а в дизельних - 100-250 хв<sup>1</sup>.

Пускова частота бензинового двигуна повинна бути достатньою для підготовки паливоповітряної суміші, здатної запалитися від електричної іскри. При запуску холодного бензинового двигуна через низьку температуру пального, стінок впускного трубопроводу і малої швидкості руху в ньому повітряного потоку в сумішестворенні приймають участь лише легковипаровувані фракції бензину. Тому пускові властивості бензину оцінюють по температурі википання 10% фракцій.

Зі зменшенням пускової частоти обертання колінчастого вала стає більш тривалим процес стискування, збільшується теплопередача в холодні стінки циліндрів та пропуск газів через нещільність в кільцях і клапанах. Тиск і температура в кінці стискування зменшуються, що погіршує умови запалювання паливоповітряної суміші та розповсюдження полум'я.

Погіршення умов сумішеутворення при пуску призводить до необхідності збільшення енергії електричної іскри.

В дизелях автомобілів чи тракторів паливоповітряна суміш створюється безпосередньо в циліндрах після подачі пального форсункою. Запалювання паливоповітряної суміші відбувається під дією високої температури середовища в камері згорання. Внаслідок малої тривалості процес сумішестворення і відсутності примусового запалювання пуск дизельних двигунів здійснювати складніше.

Пуск дизелів покращується зі збільшенням октанового числа пального, по якому оцінюють його здатність до запалювання. При низьких температурах велике значення має випарованість дизельного пального. Пускові якості дизельного пального оцінюють по температурі википання 50% фракцій або по кількості фракцій, що википають до температури 300 °С.

Температура в циліндрі в момент подачі пального повинна перевищувати температуру самозапалювання пального, щоб час затримки запалювання був менше часу, що відводиться при пуску на створення паливоповітряної суміші і розвиток передполум'яних реакцій.

При пускових частотах обертання колінчастого вала в режимі електростартерного пуску з великою нерівномірністю обертання колінчастого вала різко збільшується тривалість процесів стискування, що викликає відповідне зростання теплопередачі, витік робочого заряду та зменшення температури і тиску в циліндрах в кінці такту стискування.

Достатні для запалювання паливоповітряної суміші тиск і температура в циліндрах дизелів досягаються завдяки більшому, ніж у бензинових двигунів, ступеня стискування та збільшення частоти обертання колінчастого вала пусковим пристроєм.

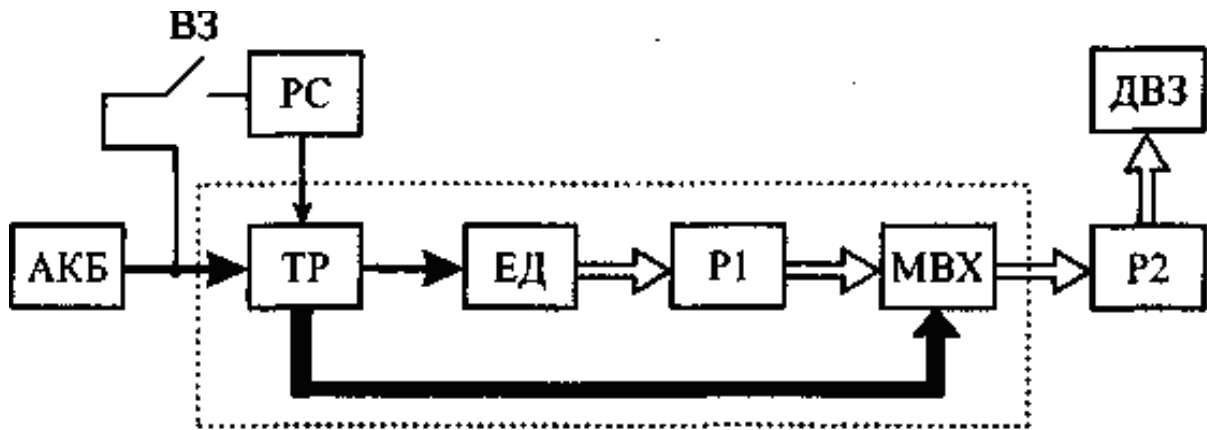
Надійність пуску дизеля можна підвищити за рахунок правильного підбору діаметрів соплових отворів в розпилювачі форсунки, правильною орієнтацією розпилювача в камері



## Лекція 10 – Призначення, будова і вимоги до системи пуску двигуна

згорання, збільшенням тиску впорскування та кількістю впорскнутого пального, а також підбором найвигіднішого для пуску кута випередження подачі пального.

Блок-схема системи електростартерного пуску двигуна внутрішнього згорання ДВЗ показана на рис. 10.1. На цьому рисунку позначено: ВЗ - вмикач запалювання; АКБ - акумуляторна батарея; РС - реле стартера; ТР - тягове реле; ЕД -електродвигун стартера; Р1 - планетарний редуктор; МВХ - муфта вільного ходу; Р2 - основний понижувальний редуктор; ДВЗ -двигун внутрішнього згорання.



**Рис.10.1 – Блок – схема системи електростартерного пуску ДВЗ**

### Електростартер

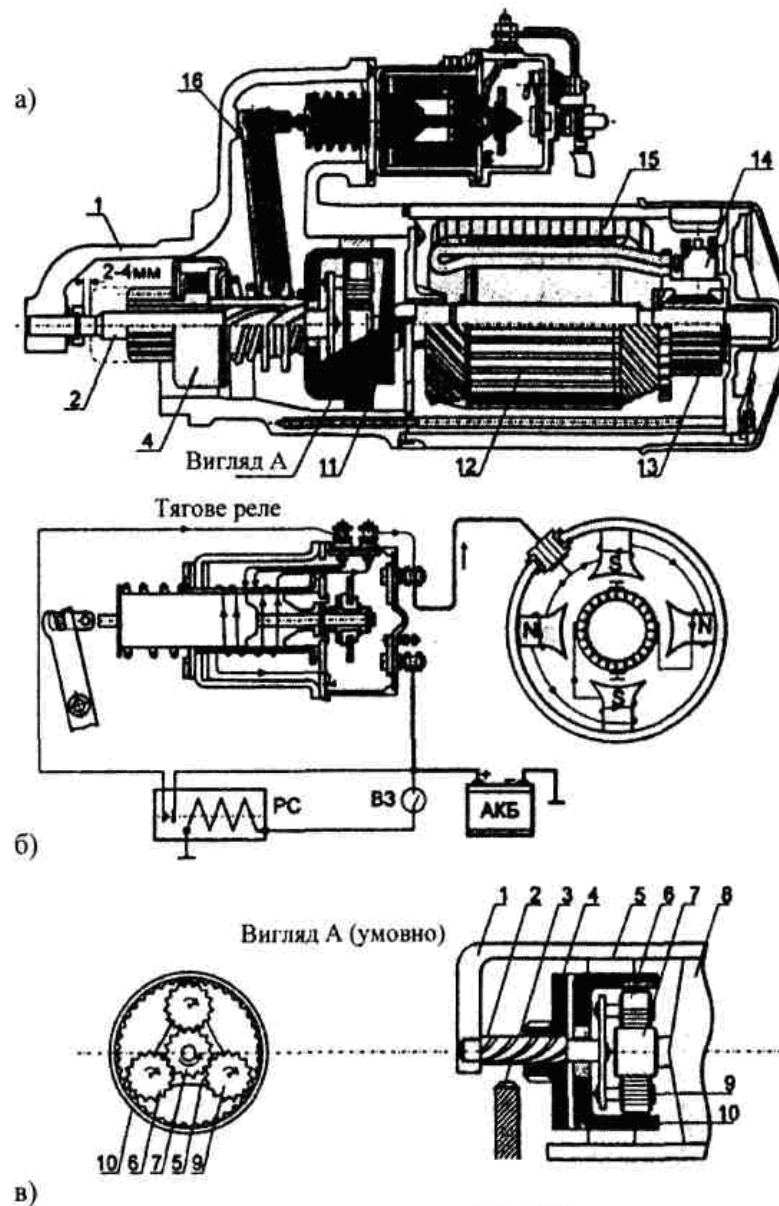
Електростартер складається з чотирьох функціональних вузлів: електродвигуна постійного струму ЕД, електромагнітного тягового реле ТР, додаткового знижувального редуктора Р1 та муфти МВХ вільного ходу зі шестірнею зачеплення. Ця шестірня разом з вінцевою шестірнею маховика колінчастого вала ДВЗ створює основний знижувальний редуктор Р2.

Пуск стартера здійснюється вмиканням контакту ключа запалювання ВЗ, який подає живлення на реле стартера РС, внаслідок спрацювання якого подається напруга від АКБ до тягового реле ТР. Це реле виконує дві функції: підключає електродвигун ЕД до батареї АКБ і з'єднує механічно шестірню зчеплення муфти МВХ з вінцевою шестірнею маховика ДВЗ, тобто вступає в дію редуктор Р2. Як тільки запуститься ДВЗ, то спочатку редуктор Р2, а пізніше електродвигун ЕД відключається (це досягається спеціальною конструкцією муфти МВХ та схемою електричного керування стартером).

Електродвигун стартера - це колекторна (чотирищіткова) машина постійного струму, яка дає максимальне значення пускового моменту в будь-якому положенні якоря (рис. 10.2). В корпусі двигуна встановлено чотири полюси: два з серієсними обмотками, ввімкненими послідовно з якорем, і два з шунтовими обмотками, ввімкненими паралельно. Потужність стартера визначається крутним моментом під час пуску холодного ДВЗ з низькою температурою і досягає для легкових автомобілів до 2 кВт.

Конструкція стартера, в якій вал електродвигуна з'єднується прямо з маховиком, не може бути побудована на достатньо високому передатному числі редуктора Р2, і вимагає узгодження механічної характеристики електродвигуна з навантаженням з боку вала. Це означає, що обороти якоря електродвигуна повинні "м'яко" поєднуватися з механічним навантаженням на валу. В цьому випадку застосовують електродвигун послідовного збудження з його м'якою механічною характеристикою (рис. 10.3, а). Власне таке конструктивне виконання називають *класичним*

**Лекція 10 — Призначення, будова і вимоги до системи пуску двигуна електростартером.** Але такі недоліки серійного електродвигуна, як великий струм збудження, здатність до "розлету" якоря в режимі неробочого ходу призводять до того, що обмотка збудження сильно нагрівається, знижується ККД і збільшуються масо-габаритні параметри.



**Рис.10.2 — Будова електростартера**

*а — конструкція стартера; б — електрична схема з'єднань; в — планетарний редуктор;*

*1 — корпус; 2 — спрямовувальний вал з витими пазами; 3 — вінцева шестірня маховика;  
4 — муфта вільного ходу; 5 — водило; 6 — сателітна шестірня; 7 — шестірня на валу ротора;  
8 — електродвигун; 10 — планетарна шестірня; 12 — ротор електродвигуна; 13 — колектор;  
14 — щітки; 15 — статорна обмотка (збудження); ВЗ — вмикач запалювання;  
РС — реле стартера*

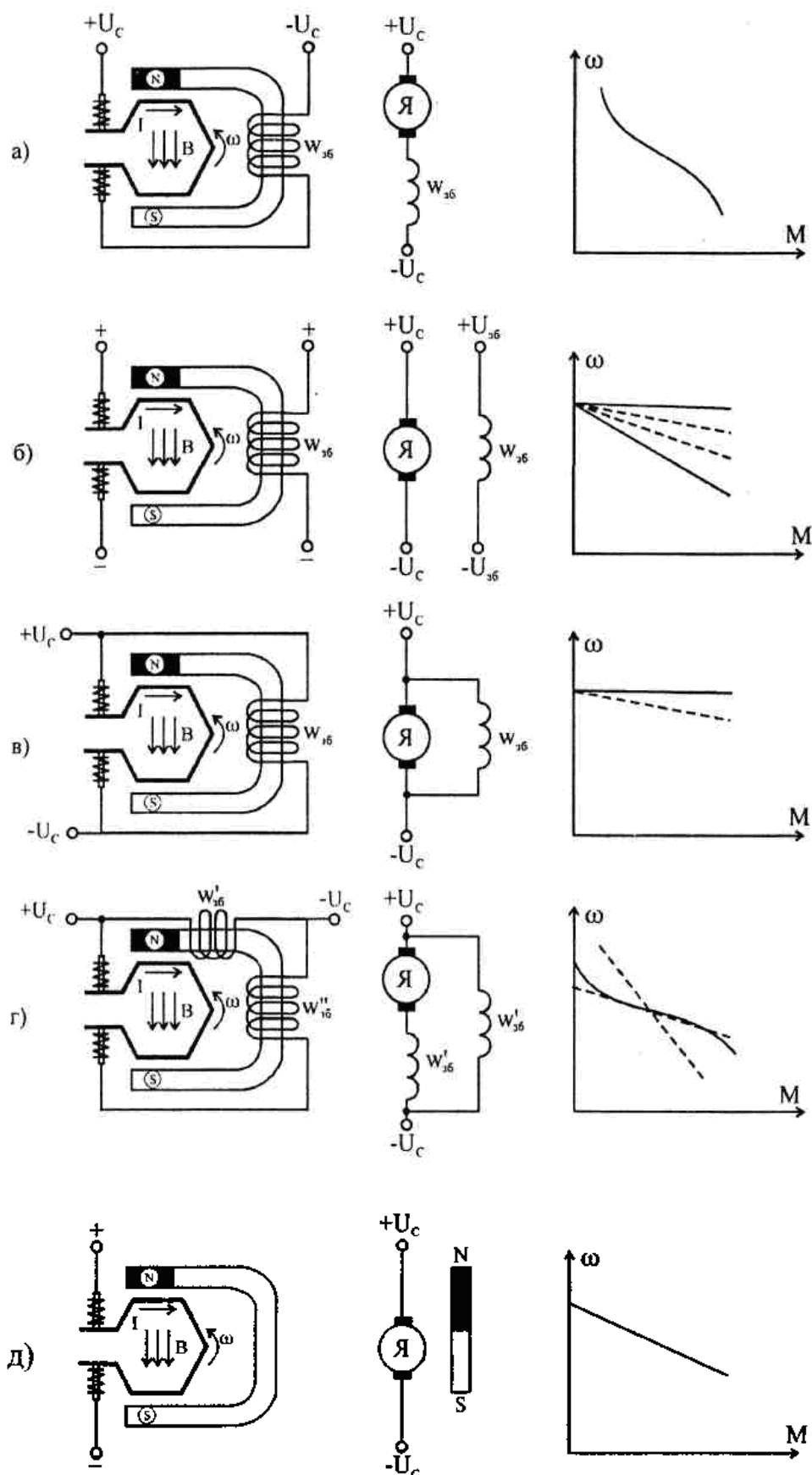


Рис. 10.3 – Електродвигуни для електростартерів та їх характеристики

Шунтові електродвигуни незалежного (рис. 10.3, б) та паралельного (рис. 10.3, в) збудження не мають зазначених недоліків двигунів послідовного збудження. Варіант схеми рис. 10.3, б на автомобілях поки що не використовується, немає додаткового незалежного джерела

## **Лекція 10 — Призначення, будова і вимоги до системи пуску двигуна**

живлення. Схема на рис. 10.3, в - неефективна, в зв'язку з падінням напруги в момент пуску (особливо в зимовий період) і, як наслідок, значне зменшення пускового моменту стартера. Жорсткість механічної характеристики такого електродвигуна призводить до появи ударного навантаження і можливого пошкодження зубців механічного приводу.

Раціональним варіантом є схема рис. 10.3, г з двигуном змішаного збудження, яка дає можливість уникнути зазначених недоліків (використовується в стартерах автомобілів ВАЗ).

Вдалим варіантом є схема електростартера з застосуванням електродвигуна з постійними магнітами (рис. 10.3, д) і з додатковим знижувальним планетарним редуктором між валом електродвигуна і віссю муфти вільного ходу. Такі стартери мають певні переваги:

- магнітне поле не залежить від падіння напруги під час пуску і від струму якоря;
- багатополюсна магнітна система (не менше шести) уможливорює зменшити габарити стартера, підняти ККД і оберти якоря стартера;
- феритові постійні магніти, які мають високу коерцетивну силу, є легкими, міцними, дешевими;
- вдале узгодження характеристик електродвигуна незалежного збудження з характеристикою пускового навантаження завдяки встановленню додаткового знижувального редуктора (передатне число досягає 80 замість 16 в класичному виконанні);
- збільшені ККД стартерного режиму АКБ і надійність пуску, зокрема холодного двигуна.

Нові технології дають змогу певною мірою ліквідувати недоліки таких стартерів: значну вартість порівняно з класичним варіантом внаслідок встановлення додаткового планетарного редуктора; швидке зношування щіток на досить високих оборотах; значний шум в роботі. Однак вартість такого стартера залишається більшою (на 50 %) від вартості стартера в класичному виконанні.

Сучасні технології виготовлення стартерів дають можливість значно зменшити масогабаритні показники електродвигуна, в якого є великий пусковий момент з меншим значенням пускового струму. Одночасно покращується стартерний режим роботи АКБ, що робить сучасну пускову систему надійнішою.

Електростартер типу СТ 221 (встановленого на автомобілі ВАЗ-2101). Його технічні дані: номінальна потужність -1.3 кВт; номінальна напруга - 12 В; збудження - змішане. Електричні параметри електростартера наведено в табл. 10.1.

**Таблиця 10.1 - Електричні параметри електростартера типу СТ 221**

Режим	Електричні параметри
Неробочий хід	Споживаний струм (I) 35 А Напруга на клеммах (U) 11.0-11.5 В Швидкість обертання якоря (n) 4400-5000 об/хв
Максимальна потужність (N)	Споживаний струм (I) 260 А Напруга на клеммах (U) 10.1 В Швидкість обертання якоря (n) 1640-1840 об/хв Крутний момент (M) 7.06-7.45 Нм
Пусковий режим	Пусковий струм близько 500 А Напруга на клеммах (U) 7.3-7.5 В Крутний момент (M) 13.7 Нм

## **Лекція 10 — Призначення, будова і вимоги до системи пуску двигуна**

На рис. 10.4 показана схема електростартерного пуску ДВЗ автомобілів другого покоління на прикладі автомобіля ГАЗ-24.

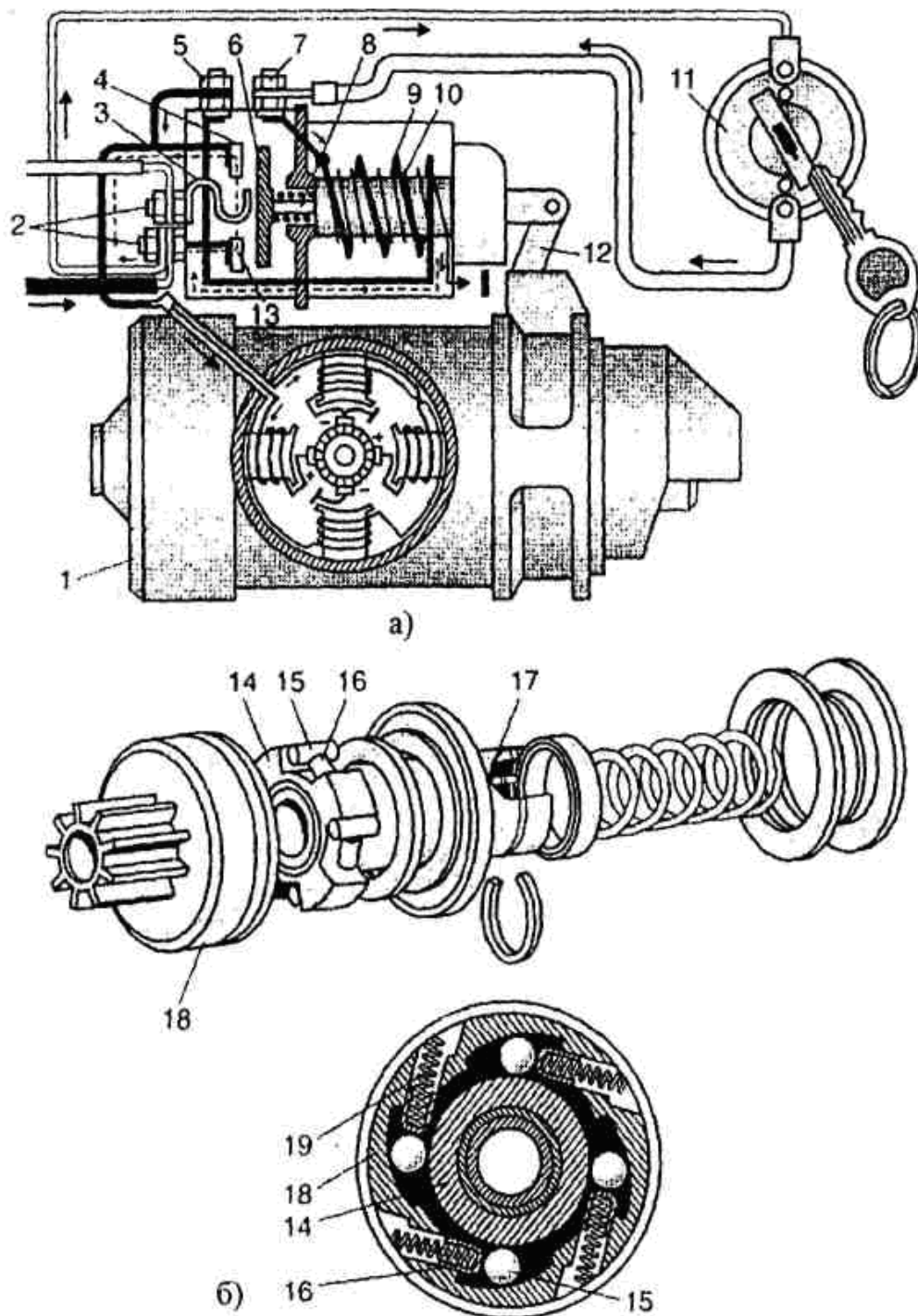
На валу якоря змонтовано привід стартера, який переміщає важіль 12 з поворотною пружиною і роликову обгінну муфту (муфту вільного ходу МВХ) з шестірнею.

**Муфта вільного ходу** забезпечує передачу крутного моменту від стартера до вінця маховика під час пуску двигуна та від'єднання шестірні стартера від маховика після пуску. Її внутрішня (тягова) обіймиця 14 (рис. 10.4, б) має подовжену маточину, яку на спіральних шліцах встановлено на валу якоря. Таке встановлення забезпечує повертання муфти в разі переміщення її вздовж вала, що полегшує введення в зачеплення зубців шестірні стартера та вінця маховика. Зовнішню (ведену) обіймицю 18 муфти виконано як одне ціле з шестірнею стартера. З внутрішнього боку ця обіймиця має чотири похилі пази, в яких розміщуються ролики 15, що постійно відтискаються штовханами 16 з пружинами 19 у звужену частину пазів, заклинюючи в такий спосіб обидві частини муфти. Ефект заклинювання підсилюється, коли обертається тягова обіймиця, тобто в разі вмикання стартера.

Стартер (рис. 10.4) вмикається повертанням ключа вмикача запалювання вправо до упору. Струм невеликої сили від акумуляторної батареї піде в обмотку реле вмикання, яке притягує якірець, замикаючи контакти електричного кола стартера. Після цього також невеликої сили струм піде від акумуляторної батареї до затискача 2 тягового реле, далі - на вмикач запалювання та затискач 7, тягову обмотку 9 реле і через затискач 5 - в обмотки стартера. Водночас струм проходить через затримувальну обмотку тягового реле. Під дією магнітного поля, створюваного обома обмотками, осердя тягового реле втягується всередину втулки й повертає важіль вмикання, який нижнім кінцем переміщає по гвинтовій нарізці вала якоря стартера шестірню МВХ і вводить її в зачеплення із зубчастим вінцем маховика. Водночас осердя тягового реле через шток 8 переміщає контактний диск 6, який замикає контакти 4 і 13 тягового реле основного кола стартера, що має малий опір, внаслідок чого через обмотку стартера протікатиме великий струм, і якір обертатиме колінчастий вал двигуна. Водночас контактний диск з'єднується з додатковим контактом 3, який дає змогу струму проходити через первинну обмотку котушки запалювання, минаючи додатковий опір. Коли двигун запуститься, стартер вимикається повертанням ключа запалювання вліво, і усі деталі приводу під дією пружини повертаються в початкове положення. Якщо двигун почне працювати, а стартер не буде вимкнено, вінець маховика поведе за собою шестірню стартера та зовнішню обіймицю муфти з великою швидкістю, ролики зсунуться по похилій поверхні пазів у широку частину, даючи змогу зовнішній веденій обіймиці з шестірнею обертатися вільно, не передаючи зусилля на тягову обіймицю і вал якоря, що запобігає "розлету" стартера.

Якщо під час пуску двигуна зубець шестірні стартера збігається із зубцем вінця маховика, то пружина приводу стиснеться, даючи змогу важелю вмикання переміщатися далі й замкнути електричне коло стартера, а коли якір повернеться, шестірня під дією буферної пружини відразу увійде в зачеплення з вінцем маховика.





а – схема; б – муфта вільного ходу:

1 – корпус стартера; 2, 5, 7 – затискачі; 3 – додатковий контакт;  
4, 13 – основні контакти; 6 – контактний диск; 8 – шток; 9, 10 – відповідно тягова  
і затримувальна котушки; 11 – вмикач запалювання; 12 – важіль вмикання приводу;  
14 – тягова обіймиця; 15 – ролик; 16 – штовхач; 17 – шліцьова втулка; 18 – ведена обіймиця;  
19 – пружина штовхача

Рис.10.4 – Стартер автомобіля ГАЗ-24

## Лекція 10 — Призначення, будова і вимоги до системи пуску двигуна

Оскільки під час пуску (особливо - холодного двигуна) стартер споживає великий струм, тривалість вмикання його має не перевищувати 10-15 с. Повторні вмикання можна робити тільки через 30 с.

### 10.2 Система стоп – стартера

**Система "Стоп-старт"** виконує функції автоматичного керування зупинкою і пуском ДВЗ, забезпечуючи додаткову економію палива за рахунок скорочення тривалості роботи ДВЗ в режимі неробочого ходу в моменти зупинки автомобіля чи з повільним його рухом, з важелем коробки передач, встановленим у нейтральне положення. Система починає автоматично функціонувати в тому випадку, якщо первісний пуск був здійснений пусковою системою з електростартером і двигун прогрітий до температури 65... 100 °С.

Система "Стоп-старт" (рис. 10.5) вимикає запалювання і відключає подачу палива, зупиняючи двигун під час руху автомобіля на швидкості, меншій, ніж за 5 км/год, на нейтральній передачі із виключеним зчепленням. Для продовження руху водій натискає на педаль подачі палива; при цьому автоматично здійснюється пуск двигуна.

Стартер і коло запалювання вмикаються системою "Стоп-старт" у тому випадку, якщо з моменту зупинки двигуна пройшло не менше ніж 0.6 с, зчеплення вимкнене, швидкість руху автомобіля менша за 10 км/год. Функціонування системи забезпечують давані температури охолоджувальної рідини, положення педалей зчеплення і подачі палива, важеля перемикавання передач і швидкості руху автомобіля.

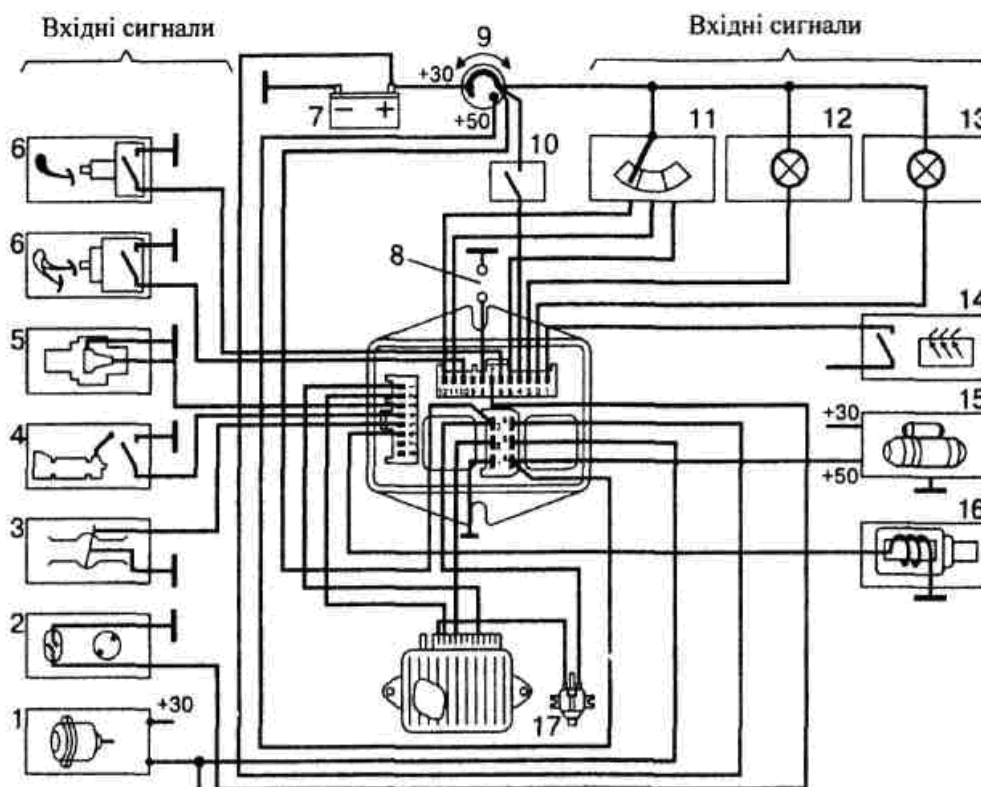


Рис.10.6 – Схема системи "Стоп-старт"

1 -генератор; 2 -давач тахометра; 3 -давач положення дросельної заслінки; 4 - давач нейтрального положення коробки передач; 5 - давач температури охолодженої рідини; 6 - давач положення педалі зчеплення (відпущена, натиснута до упору); 7 - акумуляторна

## Лекція 10 – Призначення, будова і вимоги до системи пуску двигуна

батарея; 8 - вивід для випробувальних приладів; 9 - вмикач запалювання; 10 - перемикач роботи системи; 11 - економетр; 12 - контрольна лампа системи; 13 - контрольна лампа зупинки двигуна; 14 - контур обігрівання скла; 15 - вмикач подачі тепла; 16 - стартер; 17 - котушка запалювання.

До недоліків системи "Стоп-старт" варто віднести збільшення кількості вмикань стартера і підвищене споживання енергії від акумуляторної батареї.

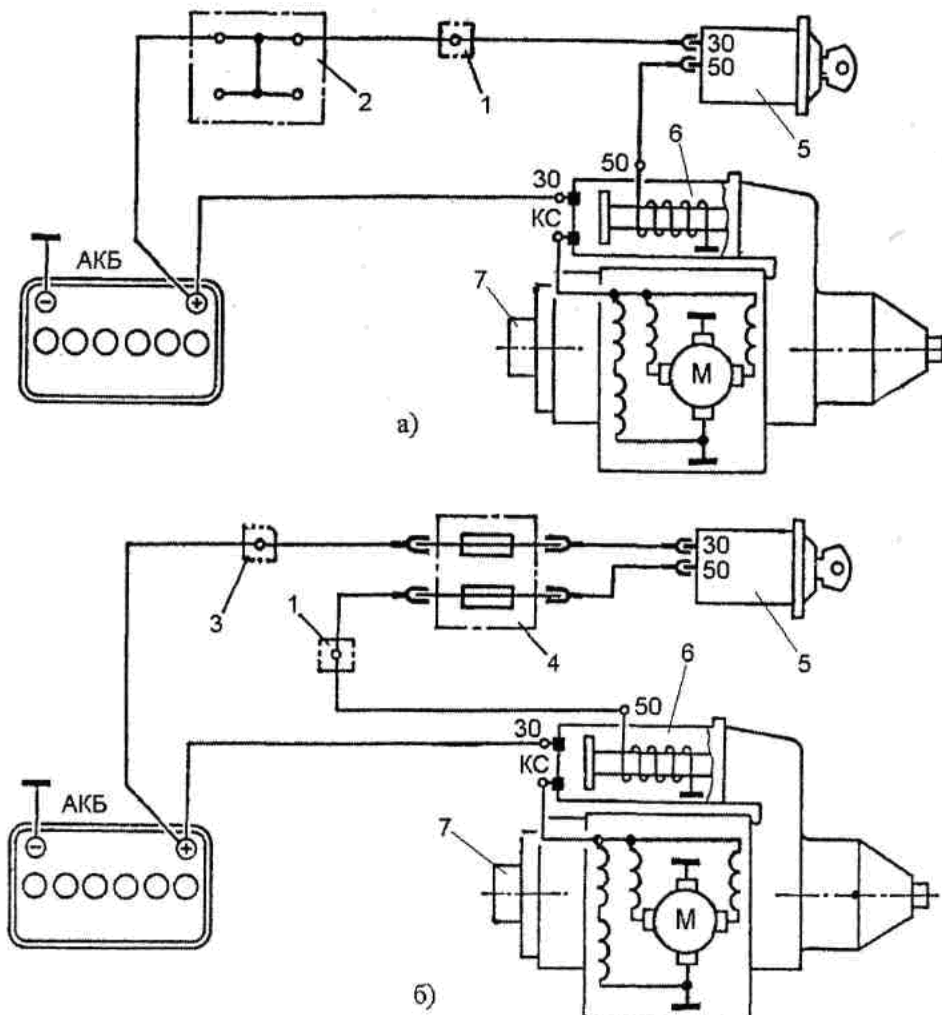


Рис.10.5 – Схема електростартерного пуску ДВЗ автомобілів ВАЗ

а – ВАЗ-2101, 02, 03, 06; б – ВАЗ-2105:

1 – клемма 30 генератора; 2 – чотириштекерна з'єднувальна колодка;  
3 – одноштекерна колодка; 4 – монтажний блок; 5 – вмикач запалювання;  
6 – тягове реле; 7 – електродвигун стартера

### Контрольні питання:

1. Яка будова системи пуску ДВЗ?
2. З яких функціональних вузлів складається стартер?
3. Для чого використовується в стартері муфта вільного ходу?
4. Які двигуни постійного струму використовуються для побудови стартерів?
5. Які основні параметри стартерів?
6. Яку функцію виконує система "Стоп-старт"?



**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. - К.: Арістей, 2004. - 476 с.
2. Акимов С.В., ЗдаНовский А.А., Корец А.М. Справочник по электрооборудованию автомобилей. - М.: Машиностроение, 1994. - 544 с.
3. Акимов А.В., Акимов С.В., Лайкин Л.П. Генератори зарубешних автомобилей. - М.: За рулем, 1997. - 80 с.
4. Данов Б.А. Электрооборудование систем управления иностранных автомобилей. - М.:Горячая линия; Телеком, 2004. - 224 с.
5. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Трактори і автомобілі. - К.: Урожай, 2002. -322 с.
6. Переднеприводные автомобили ВАЗ / В. А. Вершигора, А. П. Игна-тов, К. В. Новокшионов. - М.: ДОСААФ, 1989. - 336 с.
7. Мазепа С.С., Куцик А.С. Электрообладнання автомобілів. - Львів: Львівська політехніка, 2004. - 168 с.
8. Опарин И.М., Глезер Г.Н., Белов Е.А. Электронные системы зажигания. - М.: Машиностроение, 1987. - 198 с.
9. Росе Твег. Системы зажигания легковых автомобилей. - М.: За рулем, 1997.-96 с.
10. Росе Твег. Системы впрыска бензина. - М.: За рулем, 1997. - 144 с.
11. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей. - М.: Солон-Р, 2005. - 272 с.
12. Сажко В.А. Электрические та электронные обладнання автомобілів. - К.: Каравела, 2004. - 304 с.
13. Сажко В.А. Методические указания к лабораторной работе «Исследование бесконтактных систем зажигания автомобильных двигателей. - К.:МПП, 1991.-16 с.
14. Сажко В.А.
14. Акумуляторні батареї. - К.: Іван Федоров, 1998. -118 с. Сажко В.А., Січко О.Є., Клименко Ю.М., Савін Ю.Х., Волков О.Ф.
15. Діагностування мікропроцесорних систем запалювання автомобілів «Skoda» за допомогою приладу VAG-5051. - К.: НТУ, 2005. - 36 с.